Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen

Ernst Küster

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Class BIOLOGY LIBRARY G

Digitized by Google

Größe 100×70 cm. Preis [illegible] gerahmt 14 Mark. Mit Glas gerahmt 19 Mark. In Schwarzrahmen 21 Mark. In Eichenrahmen 23 Mark.

„Von den Bilderunternehmungen der letzten Jahre, die der neuen ‚ästhetischen Bewegung' entsprungen sind, begrüßen wir eines mit ganz ungetrübter Freude: den ‚künstlerischen Wandschmuck für Schule und Haus', den die Verlagsbuchhandlung von E. A. Seemann in Leipzig und Berlin herausgibt. . . . Wir haben hier wirklich einmal ein aus warmer Liebe zur guten Sache mit rechtem Verständnis in ehrlichem Bemühen geschaffenes Unternehmen vor uns — fördern wir es, ihm mit uns zu Ruh, ruf, Kraften!"

(Kunstwart 1901. Nr. 5.)

„ . . . Wir sind [illegible] begeistert, geradezu glücklich über die Kraft malerischer Wirkungen, die hier für [illegible] Preis dargeboten wird. Endlich einmal etwas, was [illegible] mit Erfolg gegen [illegible] kann."

(Pfarrer Naum[illegible] in [illegible]e. „Hilfe.")

Verzeichnis der Bilder umstehend.

Katalog mit [illegible] Abbildungen und [illegible] gratis vom Verlag.

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig, Poststraße 3

Künstlerischer Wandschmuck

für Haus und Schule. Farbige Künstlersteinzeichnungen

Größere Blätter: 70–100 cm und 55–75 cm, je ℳ 5—6.

Erschienen sind ca. 70 Blätter, darunter:

Bantzer, Abend.
Bergmann, Seerosen.
Biese, Hünengrab.
Du-Bois-Reymond, Attische Landschaft.
Bürger, Vor der Kirche. [Akropolis).
Conz, Schwarzwaldtanne.
Eichrodt, Droben steht die Kapelle.
Fikentscher, O., Krähen im Schnee.
Georgi, Ernte. Pflügender Bauer.
Hein, Im Wasgenwald. Am Webstuhl.
Hoch, Morgen im Hochgebirge.
Hoch, Gletscher, Kiefern.
Hodler, Rückzug der Schweizer nach der Schlacht von Marignano.
Kampmann, Mondaufgang.
Kampmann, Abendrot. Herbstabend.
Kanoldt, Eichen.
Leiber, Sonntagsstille.
Liebermann, Wem Gott will rechte Gunst erweisen.
Liner, Abendfrieden.
Matthaei, Nordseedüne.
Orlik, Rübezahl. Hänsel und Gretel.
Otto, Christus und Nikodemus.
Otto, Maria und Martha.
Paczka, Reigen.
Roman, Pacilium, Röm. Campagna.
Schacht, Einsame Weide.
Schinnerer, Waldwiese. Winterabend.
Schneider, Sascha, Wettlauf.
Schramm-Zittau, Schwäne.
Strich-Chapell, Lieb Heimatland ade. Herbst im Land. Dort in Dünen. Frühlingsgäste. Mondnacht.
Süß, Sankt Georg.
Voigt, Kirchgang.
v. Volkmann, Wogendes Kornfeld.
Wieland, Sternennacht (Matterhorn).
Würtenberger, Föhnlein den sieben Aufrechten.

Kleinere Blätter: 30–41 cm:

Erschienen sind ca. 30 Blätter, je ℳ 2.50, darunter:

Beckert, Sächsische Dorfstraße.
Biese, Christmarkt. Einsamer Hof
Daur, Beschneite Höhen. Kapelle.
Fikentscher, O., Morgen.
Hein, Das Cal.
Hildenbrand, Was der Mond erzählt.
Kampmann, Herbst. Arme. Feier[illegible]end.
Kleinhempel, Wendische Bau[illegible]e.
[illegible] Altes Städtchen.
Klinger, Berner Bauernmädchen.
Orlik, [illegible]
Petzet, Am [illegible]
Seiler-Chapp[illegible]end. Autumn.
Strich-[illegible]
[illegible] ℳ 28.–
[illegible] Mappen
[illegible] ℳ 12.–
[illegible]
[illegible] ℳ 12.

Bunte Blätter: 25–35 cm

Kleinste Künstlersteinzeichnungen.

Erschienen sind ca. 70 Blätter, je ℳ 1.–, darunter:

Biese, Verschneit.
Daur, Am Meer.
Fikentscher, O., Am Waldesrand.
Hoch, Morgensonne im Hochgebirge.
Hildenbrand, Stilles Gäßchen.
Kampmann, Baumblüte. Bergdorf.
Kleinhempel, Unter dem Apfelbaum.
Kleinhempel, In den Maien.
Pfeifle, Der Kurenwald.
Schmoller, Berg-Edelweißen.

[illegible] ℳ 1.80
[illegible] Mappen ℳ 3.–
[illegible]drucke mit 10 Blättern nach Wahl ℳ 12.–
[illegible]mappe mit 6 Blättern nach Wahl ℳ 5.–

Porträts: 50–[illegible] cm, ℳ 3.–

[illegible]

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
112. Bändchen

Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen

Von

Dr. Ernst Küster
Privatdozent für Botanik an der Universität Halle a. S.

Mit 38 Abbildungen im Text

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1906

Digitized by Google

K8

BIOLOGY
LIBRARY
G

GENERAL

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

Vorwort.

Mit den nachfolgenden Blättern veröffentliche ich das Skriptum eines „botanischen Hochschulkurses für Lehrer und Lehrerinnen", den ich im Januar und Februar 1906 abgehalten habe. Die Redaktion der Vorlesungsnotizen führte allerdings zu einer nicht geringen Erweiterung meiner Mitteilungen, so daß der Inhalt des Büchleins einigermaßen dem eines Kollegs über die Sexualität der Pflanzen, das ich seit Jahren an der hiesigen Universität lese, ähnlich geworden ist. Eine erschöpfende Darlegung unserer Kenntnisse von Vermehrung und Sexualität der Pflanzen zu geben, habe ich aus Gründen verschiedener Art nicht anstreben können. Da das Büchlein nur mit den wichtigsten Punkten des reichhaltigen Kapitels bekannt machen will, wird es dem Fachmann keine Dienste erweisen können. Mit den Hinweisen auf die Literatur habe ich mich allenthalben kurz gefaßt; im allgemeinen werden für denjenigen, der in die Materie tiefer einzudringen wünscht, die angeführten Werke und Abhandlungen genügen, da durch sie weitere Fachliteratur sich leicht ermitteln läßt.

Bei Abfassung und Ausstattung des Büchleins bin ich von zahlreichen Herren unterstützt worden, insbesondere durch Herrn Geh. Rat Prof. Strasburger (Bonn) und Herrn Verlagsbuchhändler Dr. G. Fischer (Jena), die mir die Reproduktion zahlreicher Abbildungen aus dem „Bonner Lehrbuch" für Botanik freundlichst gestatteten. Allen Herren, die mich unterstützt haben, sage ich meinen besten Dank.

Halle a. S., 1906. **Küster.**

167442

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung 1

Vegetative und sexuelle Vermehrung.

I. Die vegetative Vermehrung 3

Höhere Pflanzen 3

Vermehrung durch Teilung, freiwilligen Zerfall, Stecklinge (Sproß-, Wurzel-, Blattstecklinge), Okulieren und Pfropfen, Regenerationsvorgänge. Ausläufer, Brutzwiebeln, Brutknospen; vivipare Pflanzen.

Niedere Pflanzen 10

Vermehrung durch Teilung, Brutknospen (Soredien), Sporen. Exogene, endogene Sporen. Konidien. Schwärmsporen.

II. Die sexuelle Vermehrung 19

1. Historisches. Wesen der Sexualität 19

Aristoteles, Theophrast, Plinius. Mittelalterliche Botanik, Kräuterbücher, Malpighi, Grew. Neue Zeit: Camerarius, Kölreuter. Entdeckung der Zellverschmelzung (Pringsheim) und Kernverschmelzung (O. Hertwig.) Autonomie der Kernanteile, Chromosomenreduktion.

2. Die sexuelle Vermehrung bei den verschiedenen Gruppen des Pflanzenreichs 32

a. Zygosporenbildende Algen und Pilze 33

Zygosporen, Homosexualität, Gameten. Übergänge zur Heterosexualität.

b. Oosporenbildende Algen und Pilze 42

Oogonien, Antheridien, Verteilung und Form der Geschlechtsorgane.

c. Hefen 46

d. Askomyzeten und Florideen 49

Befruchtung bei Askomyzeten und Flechten; Trichogyne, Spermatien. Florideen.

e. Karyogamie 55

Brandpilze, Rostpilze (konjugierte Kerne), Basidiomyzeten (Synkaryon), Askomyzeten; Algen. Autogamie, Pädogamie.

f. Homospore Archegoniaten 62

Archegonien, Antheridien. Entwicklung der Moose und Farne; Generationswechsel, Chromosome.

g. Heterospore Archegoniaten 66

h. Gymnospermen 69

Digitized by Google

Samenknospe und ihre Teile, Pollenschlauch. Samenbildung. Polyembryonie. — Gnetum
i. Angiospermen 74
Embryosack, Endospermbefruchtung.
3. Allgemeine Fragen; — besondere Fälle 78
a. Sexuelle Affinität 79
Chemotaxis. Inzucht, Selbstbefruchtung. Zytotaxis, Karyotaxis, Chromotaxis.
b. Bastardierung 84
c. Polyspermie 87
d. Parthenogenese 89
Beispiele aus dem Tierreich. Habituelle und künstliche Parthenogenese. Männliche Parthenogenese.
e. Parthenokarpie 93
f. Apogamie, Aposporie . . 96
g. Merogonie 99
h. Geschlechtsverteilung und Geschlechtsbestimmung . . 100
Monöcie. Diöcie; Diöcie der Gametophyten und der Sporophyten. Geschlechtsverteilung bei „staatenbildenden" Blüten. Geschlechtsbestimmung.

Schlußbetrachtungen 106

Theorie der Befruchtung . . 107
Chemische Theorien; Chromatophilie der Geschlechtskerne, Befruchtung mit katalytisch wirkenden Stoffen. Nukleare Theorien, Bedeutung des Zentrosoms.

Theorie der Sexualität . . . 111
Verjüngungstheorie, Beobachtungen an alten Kulturpflanzen, an Protozoen und Diatomeen. Amphimixis.

Register 115

Digitized by Google

Verzeichnis der Abbildungen.

Seite

Fig. 1. Kallus an der Schnittfläche eines Pappelstecklings 5
Fig. 2. Blatt von Bryophyllum crenatum 6
Fig. 3. Vegetative Vermehrung der Kartoffelpflanze (Solanum tuberosum) durch unterirdische Knollen 8
Fig. 4. Aus dem Blatt von Asplenium Fabianum wächst eine neue Pflanze hervor . 9
Fig. 5. Verschiedene Typen der Konidienbildung 12
Fig. 6. Äzidium eines Rostpilzes 13
Fig. 7. Basidie 14
Fig. 8. Endogene Sporen bei den Pilzen 15
Fig. 9. Zoosporenbildung bei den Algen 16
Fig. 10. Zoosporenbildung bei Vaucheria (Grünalge) . . . 17
Fig. 11. Leiterförmige Kopulation zweier Konjugatenfäden (Debarya) 35
Fig. 12. Vorbereitung zur Zygosporenbildung (Sporodinia grandis 36
Fig. 13. Einzelheiten der Zygosporenbildung (Mucor Mucedo) 36
Fig. 14. Gametenkopulation bei Ulothrix zonata 37
Fig. 15. Gametenkopulation bei Diatomeen (Navicula viridula) 38
Fig. 16. Gametenkopulation bei Spirogyra quinina 41
Fig. 17. Gametenkopulation bei Ectocarpus siliculosus . . 42
Fig. 18. Eibefruchtung bei Vaucheria sp. 43
Fig. 19. Eibefruchtung bei Saprolegnia mixta 44

Seite

Fig. 20. Kopulation bei den Hefen 47
Fig. 21. Beispiel für Askusbildung 49
Fig. 22. Befruchtung und Askusbildung bei Sphaerotheca Castagnei 50
Fig. 23. Befruchtung bei Pyronema confluens 51
Fig. 24. Askusbildung bei Pyronema confluens 52
Fig. 25. Befruchtung bei der Flechte Collema 54
Fig. 26. Myzelfaden eines Brandpilzes 57
Fig. 27. Puccinia graminis: Uredo- und Teleutosporen . 58
Fig. 28. Kernverhältnisse bei den Uredineen 59
Fig. 29. Prothallium eines Farns von der Unterseite betrachtet 62
Fig. 30. Weibliches Organ (Archegonium) von Polypodium vulgare 62
Fig. 31. Männliche Organe und Geschlechtszellen von Polypodium vulgare . . . 63
Fig. 32. Prothalliumbildung bei heterosporen Archegoniaten 68
Fig. 33. Makrosporangium einer Gymnosperme 70
Fig. 34. Samenanlage von Ulmus pedunculata . . . 74
Fig. 35. Embryosack von Lilium Martagon 75
Fig. 36. Pollenkorn und Pollenschlauch der Türkenbundlilie (Lilium Martagon) . . . 76
Fig. 37. Spirogyra longata . 82
Fig. 38. Bildung von vegetativen Embryonen bei Funkia ovata 97

Digitized by Google

Einleitung.

Zu den besten Kennzeichen alles Lebendigen gehört das Wachstum, — mit Stoffvermehrung verbundene Volumenzunahme. Finden wir auch dieses Merkmal für alle Lebewesen gleichermaßen zutreffend, so ist doch die Bedeutung des Wachstums nicht immer so sinnfällig, wie bei vielen Pflanzen, — unsere Bäume wachsen jahraus, jahrein, ihre Äste besitzen und erreichen niemals eine definitive Länge, und wenn irgend ein Unwetter einen vielhundertjährigen Baum fällt, so ist das Ende seines Wachstums nur durch die Ungunst der Verhältnisse bedingt, niemals aber in seiner Konstitution begründet. Bei den einjährigen Gewächsen schließt das Wachstum zwar bereits zur Zeit der Samenbildung im Herbst ab, weil sie die Vegetationsbedingungen des Spätsommers und des Herbstes nicht zu überdauern vermögen; hält man sie aber in Kultur unter Bedingungen, die der Fortsetzung ihrer Größenzunahme günstiger sind als die natürlichen, so kann man bei ihnen die Grenzen, die ihrem Wachstum gesetzt sind, oft leicht erweitern. Bei den Tieren schließlich wird im allgemeinen die Grenze des individuellen Wachstums bald erreicht, sie erscheinen früher oder später als ausgewachsen, und es ist noch nicht gelungen, durch künstliche Eingriffe ausgewachsene Individuen zu neuem Wachstum anzuregen. Auch bei denjenigen Lebewesen, für die wir wie bei den meisten Tieren charakteristische Größengrenzen angeben können, sehen wir aber bei näherer Prüfung, daß die Sistierung des Wachstums nicht für alle Teile ihres Organismus gilt, sondern daß einigen, wenn auch noch so kleinen Teilen, die Fähigkeit zu weiterem Wachstum unverloren bleibt. Es handelt sich dabei um Teile, die früher oder später sich von den anderen loslösen

Digitized by Google

und als selbständige Lebewesen ihr Dasein fortsetzen. Die Fortführung des Wachstums steht somit in diesen Fällen im Dienste der Vermehrung, und die Vermehrung umgekehrt ist im Grunde nichts anderes, als ein über das Normalmaß und Durchschnittsalter der Einzelorganismen sich fortsetzendes Wachstum, — freilich ein Wachstum, das in seiner Art und seinen Produkten nicht immer völlig dem Vergrößerungswachstum des Mutterorganismus gleicht: besonders diejenigen Stadien, mit welchen die Lebensgeschichte eines neuen Individuums einsetzt, oder welche als Vorbereitung zur Produktion eines solchen aufgefaßt werden können, zeigen allerhand Besonderheiten, die in dem vorliegenden Büchlein in aller Kürze dargelegt werden sollen.

Die vielfältigen Erscheinungen, die uns bei der Vermehrung der Gewächse auffallen, lassen sich ohne Zwang in zwei Gruppen bringen: bei der einen sind die neuen Individuen losgelöste Teile der Mutterpflanze, die wohl in ihrer Form sich von den anderen Gliedern unterscheiden, deren Heranwachsen aber Zelle für Zelle ebenso erfolgt wie jenes Wachstum, das ausschließlich der Vergrößerung des Mutterorganismus dient. Bei der anderen Gruppe schaltet sich ein neuer, rätselhafter Vorgang ein: bevor die ersten Zellen des neuen Individuums entstehen, müssen erst zwei elterliche Individuen oder zum mindesten zwei Zellen in Austausch und Verbindung ihres lebendigen Inhalts zusammenwirken; das Vereinigungs- und Mischungsprodukt ist das Ausgangsmaterial, aus dem sich das neue Lebewesen entwickelt. Der erste Modus der Fortpflanzung, der in allem Wesentlichen mit den Erscheinungen des Wachstums schlechthin übereinstimmt, stellt die ungeschlechtliche oder vegetative Vermehrung dar, bei dem anderen sprechen wir von geschlechtlicher oder sexueller Vermehrung; die beiden Zellen, auf die es ankommt, bezeichnen wir als Geschlechtszellen, den wichtigen Charakter der Pflanzen, der in der Fähigkeit zu solcher Zellenfusion seinen Ausdruck findet, als Sexualität.

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

I. Die vegetative Vermehrung.

Bei der ungeschlechtlichen oder vegetativen Vermehrung der Pflanzen sehen wir stets und ständig einen Teil der Mutterpflanze zu einem neuen Individuum heranwachsen, ohne daß sich vor seinem Lebensbeginn ein Sexualakt einschaltet. Große Mannigfaltigkeit kommt in die Erscheinungen der ungeschlechtlichen Vermehrung vor allem dadurch, daß bei manchen Pflanzen alle, bei anderen nur bestimmte Teile zu selbständigem Wachstum befähigt sind, und daß ferner das Wachstum des selbständig gewordenen Teiles sich oft mit charakteristischen Ergänzungsvorgängen kombinieren muß, um zur Bildung eines dauerfähigen Individuums zu führen. Beginnen wir mit den

höheren Pflanzen.

Die einfachsten, schnell erledigten Fälle sind diejenigen, bei welchen eine Vermehrung durch Teilung erreicht werden kann. Die Gärtner wissen, daß z. B. viele Stauden in der Weise sich vermehren lassen, daß man die Wurzelstöcke samt den anhaftenden Wurzeln zerreißt oder zerbricht und die Teilstücke in der Erde ihrem weiteren Schicksal überläßt; die zu neuen Individuen gewordenen Teilstücke setzen ihr Wachstum ebenso fort, wie sie es im Zusammenhang miteinander an der Mutterpflanze getan hätten.

Ganz ähnlich sind die Vermehrungsvorgänge, bei welchen in der Natur durch freiwilligen Zerfall dasselbe erreicht wird wie vorhin durch gewaltsame Eingriffe des Gärtners. Die scheibenförmigen Vegetationskörper der Wasserlinsen (Lemna), die durch Sprossung auseinander hervorwachsen, lösen sich voneinander ab und führen zu ergiebiger Vermehrung des „Entengrüns". Mit derselben Schnelligkeit und auf ähnlichem Wege

Digitized by Google

gelingt es dem Wasserfarn Azolla, dessen Sprosse leicht zerfallen, die ihm zur Verfügung stehenden Wasserflächen zu überziehen.

Komplizierter liegen die Verhältnisse bei den sogenannten Stecklingen. Wenn wir ein Zweigstück — etwa von einer Weide — als Steckling behandeln und im Boden einpflanzen, so genügt es offenbar nicht, daß das Zweigstück sein normales Wachstum fortführt. Damit ein dauerfähiges Individuum entstehen kann, müssen erst die fehlenden Wurzeln neu gebildet werden. Kommt der Steckling in günstige Ernährungsbedingungen, so sehen wir in der Tat schon nach kurzer Zeit an seinem unteren Ende eine Anzahl Wurzeln hervorbrechen. Bei dem von uns gewählten Beispiel handelt es sich dabei um das Austreiben versteckter Wurzelanlagen, die unter normalen Bedingungen sich nicht entwickelt hätten, und die erst durch die gewaltsame Loslösung des Zweigstückes aus seinem Zusammenhang zum Wachstum angeregt werden. In anderen Fällen, wie z. B. bei den Stecklingen vieler krautiger Pflanzen, werden die Wurzelanlagen erst nach der Verletzung und Loslösung neu geschaffen. — Die Bildung der Sprosse am Steckling geht von seinen Knospen aus; sind deren mehrere vorhanden, so wird meist die oberste in der Entwicklung auffällig gefördert; fehlen sie ganz, so muß auch die Sproßbildung durch Neuproduktion entsprechender Anlagen eingeleitet werden. Wir sehen alsdann, daß die Gewebewucherung, die an der oberen Wundfläche des Stecklings vorquillt, der sogenannte Kallus (vgl. Fig. 1), besonders üppig ausfällt, und in seinem Inneren neue Vegetationspunkte gebildet werden, d. h. kleinzellige, meristematische Gewebshügel, die zu typischen Sprossen auswachsen können.

Weide- und Pappelstecklinge entwickeln das ihnen Fehlende meist schnell, namentlich wenn dickere Zweigstücke benutzt werden, an welchen sich bei geeigneter Behandlung ein kräftiger Kallus entwickelt. Bei Stecklingen von anderen Pflanzenarten tritt Bewurzelung zuweilen nur sehr langsam oder gar nicht ein, und ebenso verhält es sich mit der Bildung von Sprossen. Viele Pflanzen sind daher zur Vermehrung durch Stecklinge völlig ungeeignet, z. B. die Koniferen.

Digitized by Google

An dieser Stelle ist noch eines Verfahrens der Stecklingsvermehrung zu gedenken, bei dem man die verwendeten Zweigstücke dauernd von der Neubildung des fehlenden Wurzelsystems dispensieren kann: wenn man ein knospentragendes Reis mit dem Wurzelsystem eines anderen Individuums verbindet und beide durch Verwachsung der Wundflächen zu einer Pflanze werden läßt, spricht man von „Pfropfung"; benutzt man statt eines Zweigstückes nur ein „Auge", d. h. eine Knospe, so handelt es sich um „Okulieren". Rosen von bestimmter, besonders begehrter Qualität kann man vermehren, indem man Augen von ihnen auf Rosensprosse anderer Art in geeigneter Weise aufsetzt und mit der „Unterlage" verwachsen läßt. —

Fig. 1.
Kallus an der Schnittfläche eines Pappelstecklings; aus dem Kallus sprießen mehrere junge Triebe hervor. (Nach Küster.)

Analoge Verhältnisse wiederholen sich bei der Regeneration der sogenannten Wurzelstecklinge zu ganzen Pflanzen. Bei vielen Gewächsen genügt es, Stücke von Wurzeln als Stecklinge einzupflanzen, um neue Exemplare zu gewinnen. An Wurzelstücken von Taraxacum (Löwenzahn) oder Scorzonera (Schwarzwurzel) ist es ein Leichtes, die Neubildung von Sprossen an den Schnittflächen zu verfolgen. Auch hier bildet sich an den Schnittflächen, besonders an der dem Wurzelhals zugewendeten Wunde ein kräftiger Kallus, und aus ihm entwickeln sich meist mehrere grüne Triebe. Für die gärtnerische Praxis sind die Wurzelstecklinge vieler holziger Pflanzen von Wichtigkeit.

Die größte Bedeutung gewinnen schließlich die Regenerationsvorgänge bei der Vermehrung durch sogenannte Blattstecklinge. Werden losgelöste Blätter als Stecklinge benutzt, so sind die von der Mutterpflanze übernommenen Teile an sich insofern keines weiteren Wachstums fähig, als an ihnen Wurzel- wie Sproßvegetationspunkte völlig fehlen: beide müssen durch Regeneration

Digitized by Google

erst neu geschaffen werden. Zur praktischen Vermehrung durch Blätter wie zur Demonstration der uns interessierenden Vorgänge sind die Begonien oder Schiefblätter hervorragend geeignet: es genügt, Blattstiele, Blattspreiten oder Stücke von solchen auf feuchten Sand zu legen, und schon nach wenigen Tagen kann man Sproß- und Wurzelbildung mühelos beobachten. Ähnliche Vorgänge lassen sich an losgelösten und als Stecklinge behandelten Blättern von Sedum, Crassula, Peperomia u. a. studieren.

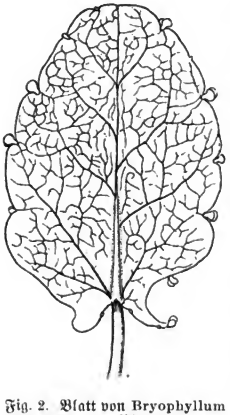


Fig. 2. Blatt von Bryophyllum crenatum: am Blattrand zahlreiche junge Individuen. (Nach Göbel.)

Freilich sind nicht die Blätter aller Pflanzen dazu befähigt, sich zu lebensfähigen, selbständigen Pflanzen zu ergänzen. Die Blätter krautartiger Pflanzen und vieler Bäume (Koniferen, Linden usw.) gehen zugrunde, andere entwickeln wenigstens Wurzeln — wie Blätter der Pappel, Weide usw. —, die zu einem reichverzweigten System sich ausbilden und das losgelöste Blatt jahrelang am Leben erhalten können. Von einer wirklichen Vermehrung aber kann natürlich erst dann die Rede sein, wenn außer den Wurzeln auch normal fortwachsende Sprosse neu gebildet werden.

Bei den bisher genannten Pflanzen handelt es sich um Neubildung der fehlenden Organe, wie es oben für die Regeneration der Sprosse aus dem Kallus angegeben wurde. Ein solcher fehlt hier freilich oft — z. B. bei den Begoniablättern —, und ohne Vermittlung eines solchen undifferenzierten Gewebewulstes wandeln sich die Zellen der Mutterpflanze direkt durch Teilung und Wachstum zu einem Vegetationspunkt um. Dabei können offenbar alle beliebigen Teile der Begoniablätter neue Pflänzchen reproduzieren. Anders liegen die Verhältnisse bei denjenigen Blattstecklingen, bei welchen nach der Loslösung von der Mutterpflanze „schlafende" Organanlagen geweckt und zur

Digitized by Google

Entwicklung angeregt werden, wie die „schlafenden Augen" vieler Sproßstecklinge, die ruhenden Wurzelanlagen der Weidenzweige usw. Fig. 2 stellt ein Blatt von Bryophyllum crenatum dar, das gelegentlich als Zimmerpflanze Liebhaber findet: löst man die Blätter von der Mutterpflanze ab, so entwickeln sich am Blattrand eine große Anzahl neuer Pflänzchen, die als mikroskopisch kleine Knospen und Anlagen sich vorher in den Einkerbungen des Blattrandes verbargen. Ähnliche Beobachtungen kann man an der einheimischen Cardamine machen, auf deren Blattfiedern sich neue Pflänzchen bilden, namentlich dann, wenn man Blätter oder deren Fiedern loslöst und auf feuchtem Sande sich weiterentwickeln läßt. Ebenso wie bei Bryophyllum finden sich auch bei den Blättern von Cardamine besonders bevorzugte, zur Produktion neuer Pflänzchen geeignete Stellen, die als ruhende Sproß- und Wurzelanlagen gedeutet werden müssen und an der Gabelungsstelle der Blattnerven sich zuweilen schon bei makroskopischer Betrachtung erkennen lassen.

So wie vorhin der Vermehrung durch gewaltsame Teilung der freiwillige Zerfall in selbständige Lebewesen sich an die Seite stellen ließ, werden wir an die Besprechung der Stecklinge (im engeren Sinn des Wortes) die Behandlung derjenigen Fälle anreihen dürfen, in welchen die Pflanzen von selbst stecklingähnliche Teile abgliedern und Ausläufer, Brutzwiebeln, Brutknospen usw. produzieren.

Einen recht einfachen und anschaulichen Fall liefern uns zunächst die Erdbeerpflanzen. Wie bekannt, entstehen an ihnen lange, rutenförmige Triebe, die oft auf weite Strecken sich auf dem Boden verbreiten und an ihrem Ende neue Erdbeerpflänzchen entstehen lassen. Diese bewurzeln sich ohne weiteres und führen unter Umständen zu einer sehr ergiebigen Vermehrung im Erdbeerbeet. Etwas komplizierter wird ähnliches bei der Kartoffelpflanze erreicht. Von ihrem untersten Stengelteil aus entwickeln sich schlanke, unterirdische Triebe (Stolonen), deren Spitzen mehr und mehr anschwellen und zu den wohlbekannten Kartoffelknollen heranwachsen (vgl. Fig. 3). Diese sind demgemäß als Sproßgebilde besonderer Art zu deuten; die Knospen,

Digitized by Google

welche sie tragen, sind als Augen jedermann bekannt: aus ihnen können bekanntlich neue Kartoffelpflanzen erwachsen. Die Kartoffelknollen dienen gleichzeitig als Vermehrungs- und als Stoffspeicherorgane: ihr Stärkegehalt soll den jungen Individuen als Nahrung dienen. Eine andere Art metamorphosierter

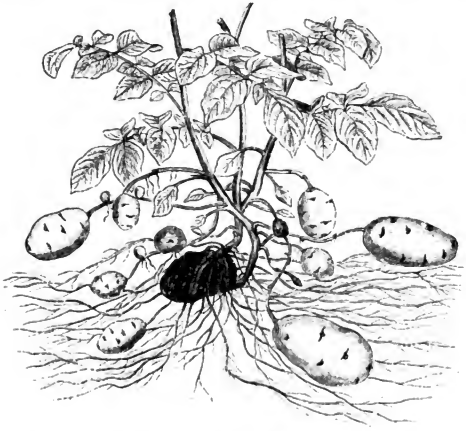


Fig. 3. Vegetative Vermehrung der Kartoffelpflanze (Solanum tuberosum) durch unterirdische Knollen. In der Mitte liegt die zusammengeschrumpfte alte Knolle, aus der sich die abgebildete Pflanze entwickelt hat.
(Nach Strasburger.)

Sprosse, die ebenfalls gelegentlich in den Dienst der vegetativen Fortpflanzung gestellt werden können, sind die Zwiebeln; wie in den Achseln gewöhnlicher Laubblätter Knospen, so entstehen zwischen den Schuppen der Zwiebel kleine Zwiebelchen, die in ihrer Anlage ganz und gar den Achselknospen gewöhnlicher Blätter gleichen. Wenn die äußeren Schalen oder Schuppen der Mutterzwiebel zugrunde gehen, werden die kleinen Brutzwiebeln frei und zur Vermehrung geeignet. Brutzwiebeln entstehen übrigens auch an oberirdischen Organen, z. B. in den Blütenständen des Knoblauchs (Allium sativum) und verschiedener

Digitized by Google

ähnlicher Zwiebelgewächse. Auch hier enthält der losgelöste Teil nicht nur die Anlage zu einer neuen Pflanze, sondern auch eine Menge Nährstoffe, die dem neuen Individuum zugute kommen sollen. — Bei anderen Pflanzen entstehen in den „Inflorescenzen" statt der Blüten kleine beblätterte Pflänzchen, die sich freiwillig loslösen und sich bewurzeln, z. B. bei Poa bulbosa u. a. Offenbar hängt es von klimatischen und anderen äußeren Umständen ab, ob sich Blüten und Früchte oder stecklingartige Teile entwickeln. Pflanzen, die in ihren Inflorescenzen an Stelle von Blüten Brutzwiebeln oder Brutknospen tragen, nennt man „vivipare" („lebendig gebärende").

Fig. 4. Aus dem Blatt (*M*) von Asplenium Fabianum wächst eine neue Pflanze *T* hervor. Bei *W* einige Würzelchen. (Nach Strasburger.)

Handelt es sich bei den bisher angeführten Beispielen um Sproßgebilde, und somit um Vorgänge, die mit der Bildung der vorhin behandelten Sproßstecklinge verglichen werden können, so geben die folgenden Fälle die Analoga zu den Blattstecklingen ab. Gewisse Sedumarten lassen ihre Blätter zu dicken Walzen anschwellen, die sich schließlich vom Stengel loslösen, zu Boden fallen und der vegetativen Vermehrung dienen; bei einigen Farnkräutern dagegen (verschiedenen Aspleniumarten) (vgl. Fig. 4) bilden sich Wurzeln und Triebe mit jungen Wedeln auf den Blättern, ohne daß diese ihren Zusammenhang mit der Mutter-

Digitized by Google

pflanze verlören; vielmehr lösen sich die jungen Exemplare selbst von dem mütterlichen Substrat los, um auf dem Boden ihr selbständiges Fortkommen zu finden.

Im wesentlichen dieselben Fähigkeiten zu vegetativer Vermehrung wie bei den höheren Pflanzen treffen wir auch bei den

niederen Pflanzen.

Auch sie kann man durch gewaltsame Teilung zur Vermehrung anregen: schon sehr kleine Bruchstücke von mikroskopischen Dimensionen (Lebermoose) und einzelne Zellen und Zellenstücke (viele Algen, Siphoneen) genügen als Ausgangsmaterial für neue, selbständige Individuen. Viele Meeresalgen vermehren sich dadurch, daß durch die Bewegung des Wassers ihr Thallus zerrissen wird und stecklingartige Bruchstücke entstehen. Moose lassen sich im Experiment vielfach ohne Schwierigkeit durch Stecklinge vermehren u. dgl. m. Bei den niedersten Klassen der Thallophyten, bei den einzelligen Formen der Algen und Pilze, ist die Vermehrung durch freiwillige Spaltung und Teilung der Zellen vielfach der einzige Modus der Vermehrung, der diesen Organismen zur Verfügung steht: haben sich die Zellen durch Wachstum hinreichend vergrößert, so bildet sich in ihrem Inneren eine Querwand, die ihrerseits sich spaltet und die beiden Tochterzellen zu selbständigen Lebewesen werden läßt (Bakterien, viele Algen). Dabei muß sich die Teilung ähnlich wie bei höheren Pflanzen mit gewissen bescheidenen Regenerationsvorgängen verbinden, bevor ein vollständiges und dauerfähiges Lebewesen vorliegt. Manche stäbchenförmige Bakterien tragen an ihren Enden je einen Schopf Geißeln; bei der Teilung bekommt natürlich jede Tochterhälfte nur einen solchen Büschel Bewegungsorgane auf den Weg, der andere muß neu gebildet werden; bei den Diatomeen, deren Membran aus zwei unverbundenen, als Schachtel und Deckel zusammengefügten Hälften besteht, hat jedes Tochterindividuum eine Schalenhälfte neu zu bilden, derart, daß die neue immer in die von der Mutterzelle überkommene Hälfte paßt usw.

Digitized by Google

Ähnlich wie die früher erwähnten Azollen verhalten sich die verzweigten Sprosse mancher Moose, die oben ständig weiterwachsen und von unten her langsam absterben, wobei die Zweige durch Absterben der sie verbindenden älteren Sproßstücke zu selbständigen Individuen werden. —

Als besondere Fortpflanzungsorgane vegetativer Natur spielen bei den niederen Pflanzen die Brutknospen und vor allem verschiedene Arten von Sporen eine große Rolle.

Brutknospen oder Brutkörper nennt man kleine Zellplatten oder Zellhäufchen, die in wechselnder Anzahl an verschiedenen Organen ausgebildet werden, sich loslösen und zu neuen Pflanzen auswachsen. Sie lassen sich in vieler Hinsicht mit den Brutzwiebeln und ähnlichen Produkten der höheren Pflanzen vergleichen, doch fehlt ihnen oft jegliche Gliederung in Blatt und Achse. Am bekanntesten und am auffallendsten sind die Brutknospen der Moose, die in die verschiedensten Formen sich kleiden können. Bei Marchantia und Lunularia entstehen auf der Oberseite des Thallus körbchen- oder halbmondförmige Wucherungen, welche als Behälter für zahlreiche, auf kleinen Stielchen sitzende Brutknospen dienen. Bei anderen Moosen sind es leicht loslösbare, mit Reservestoffen erfüllte Blätter, die den gleichen Zwecken dienen, oder es entstehen „Brutzellen" dadurch, daß fadenartige Teile der Moospflanze in ihre einzelnen Zellen zerfallen. Sie vermitteln den Übergang zwischen den vielzelligen Brutkörpern und den meist einzelligen Sporen.*)

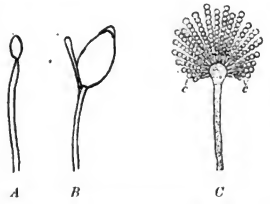
Als eine besondere Art von Brutknospen müssen noch die „Soredien" der Flechten erwähnt werden. Der Flechtenthallus stellt bekanntlich eine Vereinigung von dicht verflochtenen Pilzhyphen und kleinen, meist einzelligen Algen dar, die von den Pilzfäden umsponnen werden. Bei der Fortpflanzung der Flechten durch sogenannte Soredien werden einzelne von den Algenkügelchen von Pilzhyphen besonders dicht umwachsen, und

*) Ausführliche Nachrichten bei Correns, Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose. Jena 1899.

Digitized by Google

es entstehen innerhalb des Flechtenthallus in großer Anzahl kleinste, voneinander losgelöste Paketchen, deren jedes einige Algen und ein Stück Pilzmyzel enthält. Dadurch, daß das über der Soredienschicht liegende Pilzgeflecht zerreißt, werden die Soredien frei und können als feiner Staub vom Wind fortgetragen und verbreitet werden. Unter geeigneten Bedingungen wachsen die Soredien dann zu neuen Flechten aus.

Die Sporen unterscheiden sich von den Brutknospen und Brutkörpern vor allem durch ihre große Einfachheit: sie bestehen, wie gesagt, zumeist aus einer einzigen Zelle. Daraus ergibt sich bereits, daß sie niemals, wie die höchst organisierten unter den Brutknospen, bereits Anlagen junger Organe zur Zeit ihrer Loslösung enthalten können. Weiterhin sind die Sporen meist mit einer dicken Haut umgeben, die ihnen eine besondere Dauerfähigkeit gibt.



A B C

Fig. 5. Verschiedene Typen der Konidienbildung.

A einmalige Sporenabschnürung am Ende eines Myzelfadens.

B Verzweigung des Myzelfadens nach Bildung einer endständigen Konidie unmittelbar unter dieser (z. B. bei Phytophthora).

C Am Ende eines Myzelfadens bilden sich mehrere zur Sporenbildung befähigte Spitzen. Die Sporen entstehen kettenweise (z. B. Aspergillus).

Sporen, deren Entstehung von sexuellen Vorgängen völlig unabhängig ist, sind bei Algen und Pilzen in mannigfaltigen Formen vertreten und weit verbreitet. Die primitivste Art von Sporen, die besonders bei Pilzen eine große Rolle spielt, unterscheidet sich nur wenig von gewöhnlichen Zellen und läßt oft auch keine bestimmte Verteilung an der sporentragenden Pflanze erkennen. Wenn ein Pilzfaden (Myzelfaden, „Hyphe") eine Reihe von Zellen oder einzelne von ihnen mit einer besonders dicken Wand ausstattet und sie dadurch besonders dauerfähig macht, so sprechen wir von Gemmen; sie können im allgemeinen an allen beliebigen Teilen des betreffenden Pilzmyzels erscheinen. In anderen Fällen handelt es sich um besondere Pilzfäden und Myzeläste, deren Ende zu einem kugelähnlichen oder eiförmigen Gliede wird, das sich loslösen

Digitized by Google

und zu einer neuen Pflanze anwachsen kann; man nennt solche durch Abschnürung entstandene Sporen Konidien. Form und Verteilung der Konidienträger wie der Sporen selbst wechseln bei den verschiedenen Pilzfamilien in der mannigfaltigsten Weise: entweder ein Konidienträger beschließt seine Tätigkeit, nachdem an seinem Ende eine Spore entstanden ist, oder der nämliche Prozeß wiederholt sich mehr oder weniger oft, und es entstehen kettenförmige Konidienverbände (vgl. Fig. 5 *A* und *C*); bald sind

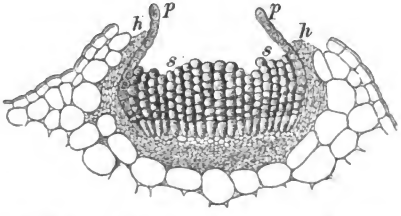


Fig. 6. Äzidium eines Rostpilzes (Puccinia; nach v. Tavel); rings um den kapselartigen Sporenbehälter die Zellen der von dem Rostpilz infizierten „Wirtspflanze". *p* Peridie (Umhüllung), *h* äzidienbildendes Pilzgewebe, *s* Sporen.

die Konidienträger einfache Ästchen, die keinerlei morphologische Gliederung aufweisen, oder sie verzweigen sich in sehr mannigfaltiger Weise, so daß mehrere zur Konidienbildung geeignete Spitzen an einem Träger sich vereinigen (*C*), bald geht die Verzweigung mit der Produktion der Konidien Hand in Hand, indem der Sporenträger jedesmal nach der Konidienbildung unmittelbar unterhalb der Spore auswächst (vgl. Fig. 5 *B*) und eine neue zur Konidienbildung geeignete Spitze entstehen läßt. Bei den Schimmelpilzen und vielen anderen stehen die Konidienträger frei nebeneinander, bei den Rostpilzen finden wir becherförmige Kapseln (Äzidien), in welchen alle Konidienträger sich vereinigt finden (vgl. Fig. 6); bei den Hutpilzen u. v. a. entstehen schließlich besondere Fruchtkörper von der bekannten Gestalt, und auf der Unterseite des Hutes auf Lamellen, in feinen Röhren oder dgl., die sogenannten Basidien (Fig. 7), die ihrer-

Digitized by Google

seits als besondere Art von Konidienträgern bezeichnet werden können.*)

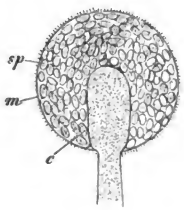
Gemmen wie Konidien bezeichnet man als exogene Sporen: ihre Membran leitet sich unmittelbar ab von der Membran ihrer Mutterzellen, und es handelt sich im wesentlichen immer nur um die äußere Abtrennung eines Teils von dem zur Sporenbildung sich anschickenden Pilzfaden. Endogene Sporenbildungen liegen dann vor, wenn der lebendige Inhalt einer Zelle sich von seiner Membran loslöst und neu umhäutet oder sich in mehrere oder viele Teile fragmentiert, und wenn die einzelnen Teilchen, die schon im Innern der Mutterzelle sich selbständig gemacht und unter Umständen mit einer neuen Haut ausgestattet haben, zu neuem Wachstum fähig und zur Vermehrung der Art geeignet sind. Ihrer Qualität nach können die endogenen Sporen insofern verschieden sein, als sie teils in behäutetem Zustande aus der Mutterzelle entleert und sofort zu neuem Wachstum befähigt sein können, oder als nackte Protoplasmaballen die Freiheit gewinnen; Gebilde der letzteren Art sind mit Geißeln ausgestattet, schwärmen eine Zeitlang in dem sie umgebenden Wasser umher und setzen sich schließlich fest, um sich zu umhäuten und zu einer neuen Pflanze auszuwachsen. Diese zu freier Ortsbewegung befähigten Körperchen nennen wir Zoosporen, die Behälter der endogenen Sporen allgemein Sporangien. Es ist klar, daß Zoosporen im allgemeinen nur im Wasser und bei wasserbewohnenden Pflanzen vorkommen und geeignete Existenzbedingungen finden können; wir finden sie daher vorzugsweise bei den Algen (Grün- und Braunalgen) und bei den

Fig. 7. Basidie (v. Tomentella; nach Brefeld); dem Ende des angeschwollenen Myzelfadens entsprießen 4 dünne Stiele, deren Enden als Sporen abgeschnürt werden.

*) Darüber, ob Äzidien und Basidien Fruchtformen sind, die mit sexuellen Vorgängen nichts zu tun haben, gehen die Meinungen freilich noch auseinander. Wir werden auf Gebilde beiderlei Art in einem späteren Abschnitt („Karyogamie") zurückkommen.

Digitized by Google

wasserbewohnenden Saprolegniazeen. Weitere Unterschiede bei den verschiedenen endogenen Sporenarten betreffen die Morphologie ihrer Behälter. Bei der endophytisch in Blättern von Arum



A

lebenden Alge Phyllosiphon zerfällt der Inhalt ihres ganzen, schlauchartigen Vegetationskörpers in umhäutete Sporen; bei den Pilzen (Mukorineen) sind es vielfach besondere Hyphen, die an ihrer Spitze zu einem Sporenbehälter anschwellen (vergl. Fig. 8 *A*). Bei Ulothrix, einer weitverbreiteten Süßwasseralge, können alle Zellen ihren Inhalt zu Zoosporen werden lassen (vgl. Fig. 9 *B*), während z. B. bei den Saprolegniazeen, den Braunalgen usw. besondere Abschnitte und Zellen für diese Umwandlung reserviert bleiben (vgl. Fig. 8 *B* u. 9 *A*). Ein Behälter, ein Sporangium liefert meist viele — bewegliche oder unbewegliche — Sporen (Mucor, Saprolegnia usw.; vgl. Fig. 8 *A* u. *B*, 9 *A*), seltener entstehen in Pilzsporangien nur wenige oder gar nur eine Spore, oder in Zoosporangien von

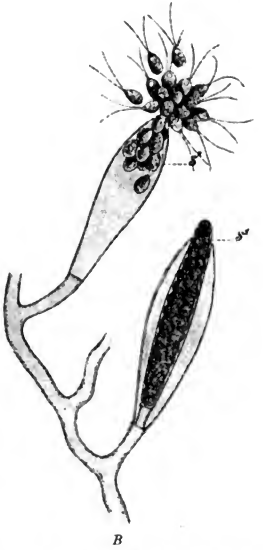


Fig. 8. Endogene Sporen bei den Pilzen.
A Sporangium von Mucor Mucedo (Schimmelpilz); *sp* Sporen, *m* ihre Umhüllung, *c* sog. Kolumella (der in das Sporangium vorgestülpte Teil der fruchtbaren Hyphe). Nach Brefeld.
B Zoosporangien von Saprolegnia mixta. s^1 geschlossenes, s^2 geöffnetes Zoosporangium. Nach der Entleerung wächst von unten ein neues Sporangium in die Hülle des vorigen hinein (s^1). Nach Klebs.

Digitized by Google

Algen nur ein Schwärmer: ein Beispiel für die letzte Gruppe ist Vaucheria (vgl. Fig. 10), deren Zoosporen in keulig angeschwollenen Fadenenden entstehen; sie sind besonders groß und auf ihrer ganzen Oberfläche mit zahlreichen kurzen Wimpern besetzt. — Eine besondere Eigentümlichkeit der Zoosporen, die beim Heranbilden zu selbständigen Lebewesen von großem Nutzen ist, besteht darin, daß sie sich in der Richtung ihrer Bewegung durch äußere Einflüsse verschiedener Art leicht beeinflussen lassen; die grünen Schwärmer der Algen sind positiv phototaktisch, d. h. sie streben dem Lichte nach; die Schwärmer der Saprolegniazeen z. B. sind ferner chemotaktisch und reagieren leicht auf bestimmte Stoffe, besonders auf Nährstoffe, so daß sie sich stets an Stellen begeben, wo die nötigen Nährmaterialien ihnen zur Verfügung stehen. Inwieweit bei der Phototaxis der rote „Augenpunkt" der Algenschwärmer, ein kleines, mit rotem Farbstoff durchtränktes Gebilde in der Zelle der Zoosporen, von Bedeutung sein mag, ist noch nicht völlig klargestellt.

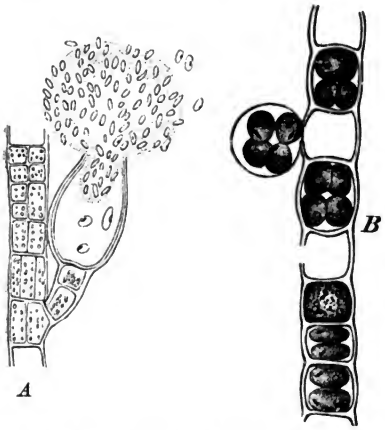


Fig. 9. Zoosporenbildung bei den Algen.

A Cladostephus (Braunalge): es werden besondere Zoosporangien gebildet mit zahlreichen Schwärmern (nach Pringsheim).

B Ulothrix (Grünalge): jede Zelle kann Zoosporen in geringer Anzahl bilden. Verschiedene Stadien der Bildung und Entleerung (nach Klebs).

Wir beschränken uns hier darauf, die wichtigsten ungeschlechtlichen Fruktifikationsformen der Pilze und Algen anzuführen — die Liste ließe sich noch erheblich erweitern. Wird schon durch

Digitized by Google

diese Mannigfaltigkeit der Formen die Vermehrung der niederen Gewächse zu einem umfangreichen und inhaltsreichen Kapitel, so müssen wir außerdem noch in Rechnung ziehen, daß sehr vielen Pilzen mehrere der angeführten Fortpflanzungsmodi gleichzeitig zur Verfügung stehen und sich die ungeschlechtlichen sehr oft bei derselben Algen- und Pilzspezies noch mit der Fähigkeit zu sexueller Vermehrung kombinieren können. Die höheren Pflanzen entwickeln zwar keine so weitgehende Vielseitigkeit bei ihrer Fortpflanzung, gleichwohl sehen wir bei den meisten neben der sexuellen Vermehrungstätigkeit durch Samen noch irgendeinen Modus der vegetativen zur Erhaltung der Art beitragen.

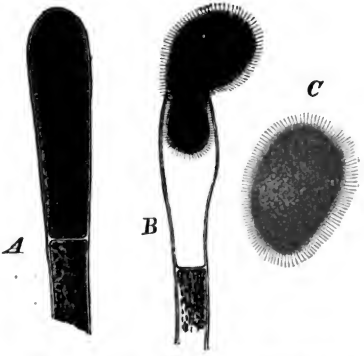


Fig. 10. Zoosporenbildung bei Vaucheria (Grünalge): *A* Umbildung eines Fadenendes zum Zoosporangium. *B* Entleerung des Zoosporangiums. *C* die allseits mit Cilien ausgestattete Zoospore (nach Klebs).

Hiernach liegt die Frage nahe, durch welche Beziehungen es denn geregelt wird, ob eine Pflanze von diesem oder jenem ihrer Vermehrungsmodi Gebrauch macht. Es wäre vorstellbar, daß die verschiedenen Fruchtformen — die sexuellen mit den vegetativen Modis und die letzteren untereinander — regelmäßig wechseln müßten, entsprechend der „Konstitution" der betreffenden Pflanzenart. Alle Versuche, die sich mit dieser Frage befassen, haben aber ergeben, daß ein durch die Konstitution der Gewächse bedingter Wechsel der Fruchtformen nicht existiert, sondern daß die verschiedenartigen Einwirkungen der Außenwelt, vor allem die Ernährungsbedingungen, darüber entscheiden, ob diese oder jene Fortpflanzungsweise sich betätigen und ob überhaupt die Bildung irgendwelcher Fortpflanzungszellen das Vergrößerungswachstum des Pflanzenkörpers ablösen

Digitized by Google

soll.*) Untersuchungen an Algen und Pilzen haben hierbei zu denselben Resultaten geführt wie solche an höheren Pflanzen: es gelingt, durch bestimmte künstliche Eingriffe den einen oder den anderen Vermehrungsmodus auszuschalten oder sogar die Fortpflanzung zugunsten des Vergrößerungswachstums ganz auszuschließen.**) Erfahrungen dieser Art sind übrigens jedermann geläufig: die Kartoffeln werden von Jahr zu Jahr nur auf vegetativem Wege vermehrt durch die sogenannten Augen, und die Gärtner kennen eine Reihe von Pflanzen, die praktischerweise nur durch Stecklinge, nicht durch Samen vermehrt werden. Uralte Kulturpflanzen, wie die Dattelpalme, die schon vor Jahrtausenden der Mensch sich nutzbar gemacht hat, gehören zu derselben Gruppe von Pflanzen: man vermehrt sie durch Wurzelschößlinge, nicht durch Samen.

An die Erkenntnis, daß es möglich ist, bestimmte Fortpflanzungsmodi aus dem Leben vieler Pflanzengenerationen auszuschließen, knüpft die weitere Frage an, ob es auch „vorteilhaft" für eine Pflanzenspezies ist, wenn ein Vorgang wie die sexuelle Betätigung und Samenbildung auf lange Zeit ausgeschaltet wird, oder ob vielleicht nach einer langen Reihe vegetativ erzeugter Generationen eine Verschlechterung der Rasse sich geltend macht, die beim Ersatz der Stecklinge durch die sexuell erzeugten Sämlinge behoben werden kann. Die Frage ist von großer allgemeiner Bedeutung und von verschiedenen Biologen in verschiedenem Sinne beantwortet worden. In den allgemeinen Erörterungen über Sexualität, die den Beschluß dieses Büchleins machen, werden wir auf diese Probleme zurückzukommen haben. —

*) Einigermaßen problematisch sind noch die Rostpilze oder Uredineen (siehe später), die sich bis jetzt noch nicht künstlich kultivieren und auf ihre Fortpflanzungsphysiologie haben prüfen lassen. Auf den periodischen Wechsel ihrer Fruchtformen kommen wir später zurück.

**) Näheres bei Klebs: Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, Jena 1896.

Digitized by Google

II. Die sexuelle Vermehrung.

Die ungeschlechtliche Vermehrung, die wir in dem vorhergehenden Abschnitt kennen gelernt haben, spielt bei den Gewächsen zwar eine hervorragende Rolle und läßt bei allen Klassen des Pflanzenreichs eine viel allgemeinere Verbreitung erkennen als bei den Tiergruppen: die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, mit welchen wir es bei ihr zu tun haben, ist aber vielleicht noch eine geringe im Vergleich zu den verschiedenartigen Modis und den prinzipiell einander so unähnlichen Formen der geschlechtlichen Vermehrung. Ihrer Besprechung wollen wir die nachfolgenden Abschnitte widmen.

1. Historisches. — Wesen der Sexualität.

Das Interesse an den sexuellen Vorgängen und ihre wissenschaftliche Erforschung gehen selbstverständlich von den am Menschen und den höheren Tieren beobachteten Erscheinungen aus, und auch heute gilt für breite Schichten des Publikums die Sexualität als ein Privilegium der höchst organisierten Tierformen. Wer sich überhaupt einmal mit Naturwissenschaften beschäftigt hat, weiß zwar, daß die Bildung der Samen bei den höheren Pflanzen eingeleitet wird durch die Belegung der Narben mit Blütenstaub; aber daß die der Bestäubung folgenden Vorgänge durchaus sexueller Natur sind, daß ferner auch bei den niedersten Pflanzenformen eine Sexualität nachweisbar ist, die nicht nur mit der der Tiere verglichen werden darf, sondern mit ihr in allen wesentlichen Punkten übereinstimmt, ist weniger bekannt. Welches sind nun diese wesentlichen Punkte? Ich glaube, daß ein geschichtlicher Rückblick auf die Wandlungen unserer Probleme im Laufe der Zeiten uns die beste Einführung geben wird.

Digitized by Google

Aristoteles (384—322 v. Chr.), in dessen Werken so viele Fragen zum ersten Male ihre wissenschaftliche Formulierung finden, ist auch für uns der erste, dessen Stellungnahme uns interessiert. Der Begründer der wissenschaftlichen Zoologie geht von dem aus, was ihm für die höheren Tiere bekannt war, und sucht die Frage der Sexualität der Pflanzen durch Nachdenken zu lösen: sexuelle Betätigung scheint ihm nur möglich, wenn verschiedene Individuen sich gegenseitig aufsuchen und sich miteinander vereinigen können, — mithin geht den Pflanzen und allen festsitzenden Tierformen die Sexualität ab.

Aristoteles hat gegen die Sexualität der Pflanzen entschieden und sein Urteil die Meinung der späteren Naturforscher zwei Jahrtausende lang in gleichem Sinn beeinflußt. Theophrast*), sein Schüler, der um die Botanik seiner Zeit sich manche Verdienste erworben hat, geht höchstens darin über die Äußerungen seines Lehrers hinaus, als er den Erfahrungen der Praktiker mehr Beachtung schenkt. Nach diesen kommen bei vielen Pflanzen neben fruchtbaren Exemplaren sterile vor, neben solchen, die der Volksmund als weibliche bezeichnete, noch besondere männliche Individuen.**) Aber weder Theophrast noch die späteren Autoren wie Plinius ließen sich durch die populäre Auffassung vom Geschlecht der Pflanzen und durch die praktischen Erfahrungen über Fruchtbarmachung weiblicher Blüten durch Bestäubung zu dem Schlusse führen, daß bei den

*) Histor. lib. III, cap. 6—8; lib. I, cap. 13, 22.

**) Die Kenntnis von der Bedeutung des Pollens für die Samenbildung ist schon außerordentlich alt und durch Beobachtungen an zweihäusigen Kulturpflanzen gewonnen worden. Herodot (484—424 v. Chr.) erzählt, daß die Babylonier die Frucht derjenigen Dattelbäume, „welche die Griechen männliche nennen" (*τοὺς ἔρσενας Ἕλληνες καλέουσι* Historiae I. 193), an die fruchtbaren Exemplare anbinden, damit die Dattel zur Ausbildung komme. Die Erklärung, die Herodot hierfür gibt, ist von den ganz abweichenden Verhältnissen der Feigenfrucht abgeleitet und für die Dattelpalmen durchaus unzutreffend. Man vergleiche die interessanten Angaben, die A. P. de Candolle in seiner Pflanzenphysiologie (Übersetzung von Röper, Bd. II. S. 43) hierüber macht.

Digitized by Google

Pflanzen eine der tierischen vergleichbare Sexualität vorkommen könnte.

Die Schriften des Mittelalters, selbst die Kräuterbücher des 16. Jahrhunderts, wie die des Predigers, Arztes und Botanikers Hieronymus Bock oder des Sienesen Mattioli*) bringen für unsere Frage nichts Neues: sie bekunden oft nur rein medizinisch-pharmazeutisches Interesse und zehren vielfach noch von den Ausführungen der griechischen und römischen Schriftsteller; vor diesen haben sie wenigstens insofern einiges voraus, als sie der Abfassung ihrer Schriften persönliche Studien der Naturobjekte vorausgehen ließen. Kommt einmal in den Werken der gelehrteren Botaniker jener Zeit die Frage nach der Sexualität zur Behandlung (Cäsalpin, Jungius), so fällt die Antwort im Sinne des Aristoteles aus: von dem Geschlecht der Pflanzen wird wie von einer volkstümlichen Meinung gesprochen, und über die Beobachtung an Palmen, auf die wir in der Fußnote soeben eingingen, helfen sich die Autoren in der einen oder anderen Weise hinweg. Cäsalpins

*) Es geschieht in Anlehnung an die Arzneimittellehre des Dioskorides (1. Jahrh. n. Chr.), wenn die Autoren der Kräuterbücher so oft von männlichen und weiblichen Pflanzen sprechen, z. B. (nach Mattioli) vom „Ehrenpreiß Männlin" und „Ehrenpreiß Weiblin" (Veronica mas und Veronica foemina), von männlichen und weiblichen Päonien, von Polygonum mas, von „Farnkraut Männle" und „Farnkraut Weible" (Filix mas und Filix foemina): die Vorstellung der Sexualität liegt keinem dieser Ausdrücke zugrunde, sie sind lediglich mit Rücksicht auf habituelle Unterschiede, Differenzen in Größe und Färbung bei verschiedenen einander nahestehenden Pflanzenarten gewählt. Überbleibsel dieser alten Bezeichnungsweise finden sich auch noch in der modernen botanischen Nomenklatur, die auf Linné zurückzuführen ist, z. B. Aspidium filix mas, Cornus mas, Athyrium filix femina usw. Bei zweihäusigen Pflanzen, wie z. B. bei dem Bingelkraut (Mercurialis), kennen die alten Kräuterbücher ähnliche Unterscheidungen: als Mercuralis mas bezeichnet Mattioli die dunklere Form, für die der Autor Samenbildung angibt, — als M. foemina die hellere, deren Blüten „fallen gemeiniglich on Samen ab". Wer sich für die mittelalterliche Botanik interessiert, vergleiche auch die Bemerkungen von Hieronymus Bock über Mercuralis (Kräutterbuch, S. 152).

Digitized by Google

Meinung, daß die Samenkörner nur eine besondere Art von Knospen seien,*) schließt sich auch der scharfsinnige Malpighi an, der Begründer der wissenschaftlichen Pflanzenanatomie,**) dessen Anatome plantarum über allerhand wichtige Entdeckungen Aufschluß gibt.***)

Ungefähr gleichzeitig mit Malpighi veröffentlichte Grew seine umfangreiche Pflanzenanatomie (Anatomy of plants 1682). Einige Bemerkungen des Buches über den sexuellen Charakter der Blütenorgane sind für uns von Interesse: es ist das erstemal, daß dieser in einem wissenschaftlichen Werke verfochten wird. Freilich — der Fortschritt ist dabei nur ein geringer; Grew, der sich mit seinen Mitteilungen auf einen sonst unbekannten Botaniker namens Thomas Millington bezieht, bezeichnet zwar die Staubgefäße als männliche Teile, seine Erwägungen laufen aber ebenso wie ähnliche Schlüsse bei den Alten und den Verfassern der Kräuterbücher auf Anthropomorphismen und unerlaubte Analogieschlüsse hinaus.

Die neue Periode in der Entwicklung unserer Frage beginnt nicht mit Grew, sondern mit den klassischen Untersuchungen eines deutschen Forschers, des Tübinger Botanikers Jakob Camerer (Camerarius). Er ist der erste, der die Frage nach der Sexualität der Pflanzen auf dem Wege des Experiments in Angriff nimmt. Camerarius operierte mit zweihäusigen Pflanzen

---

*) Im Samen wie in Knospen fand man eine „kleine Pflanze" vor; vgl. z. B. die späteren Ausführungen von Ch. Wolff: Vernünftige Gedanken von den Würckungen der Natur ꝛc. 5. Aufl. Halle, 1746, S. 652.

**) Gar manche Wurzeln der modernen Botanik sind in Italien zu suchen: das Verdienst, die ersten botanischen Gärten gegründet zu haben, gebührt den Städten Padua, Pisa, Bologna (1545, 1547, 1567). Besonders der Garten von Padua ist auch heute noch für den Fachmann eine Sehenswürdigkeit ersten Ranges.

***) Auch die in der neueren Zeit so oft genannten, stickstoffsammelnden Bakterienknöllchen der Leguminosenwurzeln sind von Malpighi entdeckt worden. Neuerdings erschien eine deutsche Übersetzung seines Werkes (im Auszug) in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften Nr. 120 (Leipzig, 1901).

Digitized by Google

(z. B. Mercurialis) in der Weise, daß er weibliche Exemplare getrennt von den männlichen aufzog; weiterhin studierte er Pflanzen, bei welchen an dem nämlichen Individuum männliche und weibliche Blüten getrennt vorkommen (Ricinus, Zea) und beseitigte an ihnen die männlichen. Bei beiden Versuchsreihen ließ sich zeigen, daß ohne Gegenwart und Einwirkung der Staubgefäße kein Samen zur Entwicklung kommen kann*).

Hatten die Dichter bisher im metaphorischen Sinn von einer Sexualität der Pflanzen gesprochen, hatten die Naturforscher den Glauben an eine solche bisher als eine populäre Anschauung abgefertigt, so war Camerarius der erste Gelehrte, der, gestützt auf seine Experimente, den Pflanzen eine der tierischen durchaus entsprechende Sexualität zuschreiben konnte. Wie der Stoff der männlichen Organe die geschilderte Wirkung zustande bringt, blieb freilich auch nach Camerarius' Untersuchungen noch vollkommen rätselhaft. Auch für die Wirkung des männlichen Befruchtungsstoffes der Tiere hatte man sich übrigens noch keine feste Meinung bilden können: manche Autoren vermuteten, daß das neue Lebewesen aus den Samenfäden entstehe — wobei die Beweglichkeit und die tierähnliche Gestalt des Spermatozoons („vermis") mitsprachen —, andere meinten, daß der männliche Stoff nur durch eine Ausströmung, ein Miasma, einen Hauch auf die weibliche Zelle, das Ei wirke und dieses zur Entwicklung anrege — schon bei Aristoteles findet sich dieser Gedanke angedeutet.**)

Die Frage, welcher Art die Einwirkung sein mag, die von den männlichen Blütenorganen und dem Pollenstaub aus-

---

*) Das wichtigste Werk von Camerarius (De sexu plantarum epistola, 1694) ist neuerdings ins Deutsche übersetzt worden (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 105, Leipzig 1899).

**) Taube Eier, die ohne Mitwirkung des Männchens zustande kommen, nennt man noch heute Windeier. Angaben über Schwängerung der Tiere durch den Wind bei Virgil (Georg. III, 271), Plinius (lib. XVI. cap. 25) und anderen Autoren des Altertums. Mythologische Niederschläge derselben Auffassung sind den Lesern Homers bekannt (z. B. Ilias XVI, 150).

Digitized by Google

geht, wird durch die Untersuchungen von Kölreuter wesentlich gefördert. Kölreuter*) untersucht Bestäubung und Samenbildung vieler Pflanzen unter den verschiedensten neuen Gesichtspunkten und besonders unter Berücksichtigung der Bastarderzeugung. Die Mischung väterlicher und mütterlicher Eigenschaften an den Produkten der Kreuzbefruchtung machten klar, daß eine stoffliche Vereinigung irgendwelcher Anteile der männlichen und weiblichen Organe bei dem Befruchtungsprozeß im Spiele sein müßte: die zur Befruchtung geeignete männliche Substanz findet Kölreuter in der Flüssigkeit, die das Pollenkorn füllt, sie vermischt sich mit dem auf den Narben, dem obersten Teil des Stempels, ausgeschwitzten Saft. „Beyde, sowohl der männliche Saamen als die weibliche Feuchtigkeit auf den Stigmaten, sind öhlichter Natur; vermischen sich daher, wenn sie zusammenkommen, auf das innigste miteinander, und machen nach der Vermischung eine gleichförmige Masse aus, die, wenn anders eine Befruchtung erfolgen soll, von dem Stigma eingesogen, durch das Stielchen**) zurück und bis zu den sogenannten Saameneyern oder unbefruchteten Keimen geführet werden muß."***) Es sind zwar Irrwege, die wir hier Kölreuter mit seinen Deutungen der sexuellen Stoffvermischung betreten sehen, aber gerade die angeführte Stelle zeigt uns, mit welcher Klarheit unser Autor über den sexuellen Charakter der Samenerzeugung bei den Pflanzen dachte.

Man sollte nun meinen, daß nach so hervorragenden Leistungen wie den von Camerarius und Kölreuter die Lehre von der Sexualität der Pflanzen sich schnell verbreitet und zu vielen fortschrittlichen Untersuchungen angeregt hätte. Dem ist aber keineswegs so; vor allem war die Macht der Tradition

*) Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen, nebst Fortsetzungen 1, 2, und 3 (1761—1766) in Ostwalds Klassikern Nr. 41, Leipzig 1893.

**) stylus oder Griffel: das Verbindungsstück zwischen Narbe und Fruchtknoten.

***) § 8 des Originals; vgl. S. 11 in der neuen Ausgabe.

Digitized by Google

noch größer als die überzeugende Kraft der neuen Experimente*) und bis tief ins 19. Jahrhundert hinein fand die alte Lehre ihre Anhänger.**) Zweitens aber stand die Unvollkommenheit der damaligen optischen Instrumente dem Fortschritt der Erkenntnis sehr im Wege.

Die nächste große Tat fällt erst ins Jahr 1823, das die Entdeckung des Pollenschlauches durch Amici brachte. Mit Hilfe der von ihm verbesserten Mikroskope erkannte Amici, daß die auf die Narbe gelangten Pollenkörner zu einem feinen Schlauch auswachsen, der durch den Griffel bis in die Höhle des Fruchtknotens vordringt. Spätere Arbeiten desselben Forschers stellten fest, daß der Pollenschlauch den im Fruchtknoten enthaltenen Samenanlagen (Samenknospen), insbesondere ihrer Öffnung, der sog. Mikropyle, sich nähert, und daß durch ihn ein schon vorher in der Samenknospe entstandenes Keimbläschen zur weiteren Entwicklung angeregt wird. Die Frage, worin diese Einwirkung bestehe, blieb unbeantwortet; aber so viel schien wenigstens festgestellt zu sein, daß die entscheidenden Vorgänge nicht oben auf der Narbe, sondern im untersten Teil des Stengels, in der Höhlung des Fruchtknotens sich abspielten. Die bei der Befruchtung mitwirkenden Organe der Samenpflanzen sind aber im allgemeinen zu klein und der Untersuchung zu schwer zugänglich, als daß die nächsten Fortschritte in der

*) Über die nach Camerarius erschienenen Schriften pro et contra vgl. besonders Sachs, Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860. München 1875. S. 422 ff.

**) Mit Interesse lesen wir in seinen naturwissenschaftlichen Schriften, daß Goethe die Lehre von der Sexualität der Pflanzen ursprünglich angenommen, später aber (1820, „Verstäubung, Verdunstung, Vertropfung") wieder abgelehnt hat. Angeregt durch den Jenenser Botaniker Schelver, glaubte Goethe in der „Verstäubung" der Antheren nur eine Folge der ihm „so werten Metamorphose" zu sehen und empfiehlt diese neue Deutung für den „Vortrag gegen junge Personen und Frauen": — „Die ewigen Hochzeiten, die man nicht los wird, wobei die Monogamie, auf welche Sitte, Gesetz und Religion gegründet sind, ganz in vage Lüsternheit sich auflöst, bleiben dem reinen Menschensinn unerträglich."

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA
Digitized by Google

Erforschung des Sexualitätsproblems von dieser Seite hätten kommen können. Wollen wir dem Gang der historischen Entwicklung auch weiterhin folgen, so müssen wir unsere Aufmerksamkeit jetzt den niederen Pflanzen, den Kryptogamen, zuwenden.

Ob auch die „nichtblühenden" Kryptogamen Geschlechtsorgane und Sexualität besitzen, mußte zunächst fraglich scheinen; nach ihnen zu suchen, hat man gleichwohl schon früh begonnen, und Kölreuter und viele andere haben dabei die kraufesten Vermutungen geäußert. Den ersten Schritt zur Erkenntnis des wahren Sachverhalts taten diejenigen Forscher, welche die Spermatozoen (oder Spermatozoiden) der Kryptogamen entdeckten (Unger, Nägeli); man fand an den Moosen und an den Farnkräutern Organe, die eine Menge frei beweglicher Körperchen erzeugten und vermutete bald, daß es sich bei ihnen um männliches Befruchtungsmaterial handelte. Nun folgen (1849, 1851) die klassischen Werke Hofmeisters, dem es nach sorgfältigen entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen gelingt, die Kenntnis der Kryptogamen auf zuverlässige Fundamente zu stellen: die flaschenförmigen Gebilde (Archegonien), die man auf den Moosen und dem sog. Kotyledon (Prothallium) der Farnkräuter schon lange vor Hofmeister gefunden hatte, sind weibliche Organe, die Antheridien, deren Inneres in eine große Anzahl von Spermatozoiden oder Samenfäden zerfällt, sind die zugehörigen männlichen — hierin stimmt Hofmeister den früheren Autoren zu. Die Spermatozoiden haben für die Archegonien dieselbe Bedeutung wie die Pollenkörner für die weiblichen Blütenteile und die Samenanlagen: bleiben sie fern, so tritt keine Befruchtung, keine weitere Entwicklung ein; — erreichen aber die Samenfäden die Archegonien, so entwickelt sich die in ihrem Grunde liegende „Eizelle" oder das Keimbläschen weiter und liefert einen vielzelligen Embryo, der sich bei den Moosen schließlich zu einer gestielten, sporenhaltigen Kapsel auswächst, bei den Farnkräutern zu der bekannten stattlichen, wedeltragenden Pflanze wird. Das unscheinbare Prothallium eines Farnkrauts — die älteren Autoren verglichen es unberechtigterweise mit

Digitized by Google

den Keimblättern (Kotyledonen) der höheren Pflanzen — ist demnach morphologisch gleichbedeutend mit der beblätterten Moospflanze, beide tragen Geschlechtsorgane; die Mooskapsel entspricht der beblätterten Farnpflanze, die beide ihren Ursprung von der befruchteten Eizelle einer Archegoniums nehmen.

Hofmeisters Untersuchungen zeigen die weite Verbreitung der Sexualität im Pflanzenreich in einem neuen Licht; Organe mit Spermatozoen hatte man ferner auch bei noch tiefer stehenden Gewächsen, den Thallophyten, gefunden, und Thuret konnte 1854 zeigen, daß der gemeine, in den Meeren so weit verbreitete Brauntang Eier entwickelt, die sich nur dann weiterentwickeln, wenn sie von den Spermatozoen des Tangs vorher aufgesucht und umschwärmt worden sind. Aber das Wesen der Sexualität wurde durch alle diese bedeutsamen Forschungen nicht klarer: Hofmeister selbst macht in einer seiner Arbeiten darauf aufmerksam, daß über das letzte Schicksal der Spermatozoen, die sich dem Archegonium genähert haben, nichts bekannt und das Wesen der Befruchtung noch völlig unaufgeklärt sei. Da kommt Licht in die Sache durch die Beobachtungen von Pringsheim an Oedogonium*), einer in Teichen und Tümpeln weitverbreiteten fadenförmigen Grünalge, die manche ihrer Zellen zu ruhenden Eiern werden läßt und in anderen schwärmende Spermatozoiden entwickelt. Letztere stellen mit Geißeln ausgestattete, nackte Protoplasmaballen dar; die Eier sind zunächst noch von einer Membran umhüllt, — die Hülle wird aber später stellenweise auf die eine oder andere Weise beseitigt, so daß das männliche Protoplasma zu dem weiblichen ungehindert Zutritt hat. Pringsheim konnte nun feststellen (1856), daß das Spermatozoon dem Eiplasma sich nähert, und schließlich mit ihm sich vereinigt: wie zwei Wassertropfen zusammenfließen, so verschmelzen die beiden flüssigen Plasmaballen — Spermazelle und Eizelle — miteinander, und aus zwei Zellen wird eine.

In der Geschichte der Lehre von der Sexualität der

*) Vgl. Jahrb. f. wiss. Bot. 1856, Bd. I, S. 1.

Digitized by Google

Pflanzen bilden die Experimente Camerarius' den ersten Markstein, den zweiten sehen wir in der Entdeckung Pringsheims: das Wesen der Sexualität wird zurückgeführt auf Veränderungen von Zellen. Auch die nächstfolgenden Entdeckungen liegen auf dem Gebiet der Zellenlehre.

Die nächste wurde an tierischen Objekten gewonnen. Die Seeigeleier waren es, die sich zu Untersuchungen über die Befruchtung als hervorragend geeignet erwiesen; sie sind zwar sehr klein, aber dotterarm und daher völlig durchsichtig, so daß man die inneren Veränderungen, welche die Eizellen erfahren, unter dem Mikroskop leicht verfolgen kann.

Wir müssen zunächst daran erinnern, daß eine Eizelle — ebenso wie eine gewöhnliche Zelle — nicht einen homogenen Ballen lebendiger Substanz darstellt, sondern aus verschiedenen, leicht unterscheidbaren Teilen sich zusammensetzt: in der als Zytoplasma (oder Protoplasma) bezeichneten Grundsubstanz liegt ein besonderes rundliches Körperchen eingebettet, das als Zellkern bezeichnet wird. Dieselben beiden Anteile finden wir ganz allgemein bei allen pflanzlichen und tierischen Zellen wieder. 1876 machte Oskar Hertwig*) an Seeigeleiern die bedeutungsvolle Entdeckung, daß beim Befruchtungsakt nicht nur zwei getrennte zellulare Elemente männlichen und weiblichen Geschlechts sich vereinigen, sondern auch die Kerne beider Zellen dabei in Aktion treten, und Ei- und Spermakern miteinander verschmelzen. Obschon aus zwei Zellen hervorgegangen, stellt das befruchtete Ei daher gleichwohl ein einkerniges Element dar.

Die entsprechenden Entdeckungen botanischerseits kamen einige Jahre später. Strasburger**) gebührt das Verdienst, die Befruchtungsvorgänge der Phanerogamen trotz der großen technischen Schwierigkeiten, die ihrer Untersuchung sich in den

*) Beiträge zur Kenntnis der Bildung, Befruchtung und Teilung der tierischen Eier. Morphol. Jahrb. Bd. I—IV, 1875/78.

**) Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung. Jena 1884.

Digitized by Google

Weg stellten, so weit gefördert zu haben, daß auch bei ihnen das Wesen der Befruchtung auf eine Zellenverschmelzung und insbesondere auf die Vereinigung des Eikerns mit einem männlichen Kern zurückgeführt werden konnte. Der weibliche Kern liegt in der Eizelle, die als Keimbläschen schon von Amici und anderen wahrgenommen und beschrieben worden ist, und die nach der Befruchtung den Embryo liefert; der männliche Kern entstammt dem Pollenschlauche, der sich an seiner Spitze öffnet und einen seiner Kerne zur Vereinigung mit der Eizelle heraustreten läßt. — Die Entdeckungen an Phanerogamen schließen den Kreis der Beobachtungen, da es nunmehr feststeht, daß das Wesen der Sexualität bei allen Gruppen des Tier- und Pflanzenreichs in denselben zellularen Vorgängen begründet ist.

Wir haben damit die Entwicklung der Lehre von der Sexualität der Pflanzen in ihren wichtigsten Etappen dargetan, und es erübrigt sich nur noch, auf zwei Ergänzungen der bisher erörterten Resultate einzugehen, die zum Teil erst in den allerletzten Jahren durch die Arbeit zahlreicher Forscher errungen worden sind.

Es handelt sich zunächst darum, die Rolle der einzelnen Bestandteile, welche einen Zellenkern zusammensetzen, näher zu eruieren; denn auch der Kern ist nicht ein einheitliches oder einfaches, sondern ein überaus zusammengesetztes Gebilde. Besonders auffällig werden seine Strukturverhältnisse vor und während seiner Teilung. Wie bekannt, wird jede Zellenteilung von einer Kernteilung begleitet; die im Kern verteilte Substanz, die in seinem Ruhestadium als zartes Maschenwerk sichtbar ist, zieht sich dann zusammen und liefert ein oft viel verschlungenes Band, das sogenannte Chromatinband. In einem weiteren Stadium sehen wir das Band in eine bestimmte Zahl von Stücken zerfallen, die sogenannten Chromosome, die sich bei der Teilung des Kerns der Länge nach spalten und somit in Tochterchromosome zerlegen: je eine Spalthälfte wandert an den einen und den anderen Pol des kugeligen oder spindelförmigen Kerngebildes, und an den Polen vereinigen sich die beiden Chromosomen-

Digitized by Google

gruppen zu Tochterkernen. Nachdem sich zwischen beiden eine die ganze Zelle fächernde Querwand aus Zellulose gebildet hat, ist der Teilungsprozeß abgeschlossen; aus einer Zelle sind zwei Tochterzellen geworden, von welchen jede einen Tochterkern enthält. Die Frage ist nun, wie sich wohl bei der Zellen*verschmelzung* die Bestandteile des Kerns, deren Verhalten bei der *Teilung* wir eben kurz skizzierten, verhalten mögen. Namentlich wäre es wertvoll, zu wissen, ob die Chromatinanteile der beiden Sexualkerne miteinander verschmelzen und ineinander aufgehen, oder ob auch nach der Fusion den Anteilen beiderlei Art noch eine gewisse Selbständigkeit verbleibt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß nicht nur in dem befruchteten Eikern, sondern auch in den Kernen späterer Generationen, die durch Teilung des Eikerns zustande kommen, immer noch väterliche und mütterliche Chromosome sich auseinanderhalten lassen; man spricht seitdem von einer *Autonomie der väterlichen und mütterlichen Kernanteile*.*)

Diese Selbständigkeit scheint außerordentlich lange fortzubestehen, und erst dann, wenn es abermals zur Bildung von Sexualzellen kommt, wenigstens vorübergehend durch Vereinigung aufgehoben zu werden. Der Bildung der Ei- und Samenzellen geht hinsichtlich der Kernstruktur ein Stadium voraus, das man als Synapsis bezeichnet hat**), und das durch die Bildung eines dichten, exzentrisch im Kern gelagerten Chromatinknäuels sich auszeichnet. Auf die Zusammenballung des Chromatinfadens folgt seine Entwirrung: bei ihr stellt sich heraus, daß sich die Fäden und Fadenstücke doppelt gelegt haben. Allerlei Erwägungen und Beobachtungen sprechen nun dafür, daß sich väterliche und mütterliche Chromosome nun endlich zusammengefunden, aneinandergelagert und womöglich völlig zu einem einheitlichen Band geworden sind. Nun beginnt die Zellen-

*) Vgl. besonders V. *Häcker*, Über das Schicksal der elterlichen und großelterlichen Kernanteile. Jena 1902.

**) Vgl. *Moore*, On the structural changes in the reprod. cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs (Quart. journ. Micr. Sc. XXXVIII; 1896).

Digitized by Google

und Kernteilung. Der aus dem Synapsisstadium hervorgegangene Chromatinfaden segmentiert sich in üblicher Weise, allerdings entstehen nur halb so viel Stücke, als sonst bei der betreffenden Spezies; jedes Stück liegt freilich doppelt und repräsentiert ein Chromosomenpaar. Bei der nächsten Kernteilung spaltet sich jedes Chromatinbandstück in seine beiden Längshälften: väterliche und mütterliche Anteile trennen sich also wieder. Gleich darauf folgen, ohne daß zuvor eine Trennung in Tochterkerne und Tochterzellen erfolgt wäre, die Vorbereitungen zu einer zweiten Kernteilung, bei der die Chromosome eine Längsteilung der üblichen Art erfahren. Die Längshälften trennen sich jedoch nicht voneinander, rücken vielmehr unter starker Verkürzung dicht aneinander, und wenn bei den Vorbereitungen zur Tochterkernbildung die Chromosome an die Pole der Kernspindel rücken, werden nicht die durch Spaltung getrennten Hälften voneinander getrennt wie bei gewöhnlichen Kernteilungen, sondern ganze Chromosome wandern polwärts. Da ganze Chromosome auf die beiden Hälften sich verteilen, erhält jeder Tochterkern nur halb so viel Chromosome als bei anderen Kernteilungen: wir sprechen daher von einem Reduktionsvorgang, von einer Reduktion der Chromosome. Wie sich dabei väterliche und mütterliche Anteile auf die beiden Tochterkerne verteilen, bleibt dem Zufall überlassen; die Mischung kann ganz verschieden ausfallen.*)

Die Sexualzellen enthalten demnach Kerne mit halber Chromosomenanzahl; vereinigen sich zwei beim Sexualakt, so wird die normale Chromosomenzahl wiederhergestellt. Ob wir nun mit Weismann, der schon 1887 auf theoretische Erwägungen hin eine Reduktion der Chromosome für unerläßlich hielt, die Bedeutung dieser Erscheinung darin sehen wollen, daß durch sie eine Verdoppelung der Chromosome bei jeder Eibefruchtung und jeder sexuell erzeugten Generation verhindert wird, oder diese Erklärung ablehnen, — jedenfalls legen es die bisher gewonnenen

*) Näheres bei Strasburger, Die stofflichen Grundlagen der Vererbung im organischen Reich. Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung. Jena 1905.

Digitized by Google

Ergebnisse trotz aller Lückenhaftigkeit nahe, die reduzierte Chromosomenzahl als ein wichtiges Merkmal der Sexualzellen anzusprechen. Das Wesen der Befruchtung läge dann nicht nur in der Zellenverschmelzung und Kernfusion, sondern in der Vereinigung von Kernen mit reduzierter Chromosomenzahl.*) — Einer der letzten unserer Abschnitte wird uns Gelegenheit geben, noch einmal diese subtilen Kernstrukturverhältnisse zu besprechen. Mit ihrer Darlegung haben wir die wissenschaftlichen Resultate der letzten Jahre und Monate in den Rahmen unserer Betrachtungen gezogen und unser Thema erschöpft.

2. Die sexuelle Vermehrung bei den verschiedenen Gruppen des Pflanzenreichs.**)

Unsere nächste Aufgabe wird sein, die verschiedenen Hauptgruppen des Pflanzenreichs der Reihe nach zu besprechen und bei jeder zu untersuchen, ob und in welcher Form sexuelle Vorgänge bei der Vermehrungsweise der zugehörigen Gattungen beteiligt sind. Die erste Teilfrage ist schnell erledigt: abgesehen von den niedersten pflanzlichen Organismen, von deren Vermehrung durch Teilung im ersten Abschnitt bereits die Rede war (Schizophyten: Bakterien, Cyanophyzeen, Flagellaten***)),

*) Näheres über die Chromosomenreduktion bei Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie, Bd. I, Jena 1902; O. Hertwig, Allgemeine Biologie (Kap. XI), Jena 1906 und den bekannten Lehrbüchern.

**) Belehrung über das Wesen der Sexualität geben außer den üblichen Lehrbüchern beispielsweise folgende Werke: O. Hertwig, Allgemeine Biologie, Jena 1906; Aug. Forel, Die sexuelle Frage, München 1905 (bereits in vielen Auflagen); speziell über die Sexualität der Pflanzen berichten Möbius, Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse, Jena 1897, und Mottier, Fecundation in Plants (Publ. by the Carnegie Inst. of Washington 1904).

***) Ob den niedersten Organismen wirklich die Sexualität völlig abgeht, muß dahingestellt bleiben. Das Licht, das die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen auf diese außerordentlich wichtige Frage geworfen haben, gestattet noch keineswegs einen klaren Ausblick auf die Probleme. Manche Beobachtungen scheinen dafür zu sprechen, daß auch bei den Cyanophyzeen die Sporenbildung mit sexuellen Vorgängen

Digitized by Google

lassen sich bei allen Hauptgruppen sexuelle Vorgänge mit Sicherheit nachweisen; was sie voneinander trennt, sind die verschiedenen Formen ihrer Sexualität und die ungleichen Beziehungen der Sexualakte zur Vermehrung. Besonders weit geht diese Mannigfaltigkeit bei den Thallophyten, den Pilzen und Algen, die wir daher ausführlich besprechen müssen.

a) Zygosporenbildende Algen und Pilze
(Zygophyzeen und Zygomyzeten).

Nachdem wir bei Behandlung der vegetativen Vermehrung so oft von „Sporen" gesprochen haben, muß zunächst nachgeholt werden, daß mit dem gleichen Ausdruck nicht nur die durch Abschnürung entstandenen ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen, nicht nur die durch Fragmentation eines Zellenleibes entstandenen Schwärmer usw., sondern auch die verschiedenartigsten Produkte sexueller Zellfusion bezeichnet werden können.

Unter Zygosporen insbesondere versteht man eine Art von Sporen, die einem außerordentlich primitiven Sexualakt ihre Entstehung verdanken, nämlich der Verschmelzung von zwei gleichartigen Zellen. Es wäre eine sehr unzutreffende Auffassung vom Wesen der Sexualität, wenn man es in der Vereinigung von zwei

---

zusammenhängen könne (vgl. Borzi, Probabili accenni di conjugazione presso alcune Nostochinee, Boll. d. Soc. bot. ital. 1895, p. 208); für die Sporenbildung der Bakterien ist auf Schaudinns Mitteilungen zu verweisen (Beiträge zur Kenntnis der Bakterien und verwandter Organismen I u. II [Bacillus Bütschlii und B. sporonema], Arch. f. Protistenkunde Bd. I, S. 306, Bd. II, S. 416). Schließlich gedenke ich noch der Beobachtungen Prowazeks: bei Flagellaten scheint eine Kopulation männlicher und weiblicher Zellen stattzufinden und zur Bildung des Ookineten zu führen (Studien über Säugetiertrypanosomen I, Berlin 1905, betrifft Trypanosoma Lewisi). Derselbe Autor beschreibt Kernfusionen im Plasmodium der Myxomyzeten (Plasmodiophora Brassicae) und diskutiert ihren sexuellen Charakter (Über den Erreger der Kohlhernie usw., Berlin 1905; beide Mitteilungen in den Arb. aus d. Kais. Gesundheitsamt).

Digitized by Google

ungleichartigen Elementen begründet sehen wollte. Das Auftreten von ungleichartigen Sexualpartnern kennzeichnet bereits eine höhere Form der Sexualität, bei niederen Lebewesen — tierischer und pflanzlicher Art — sind es gleichwertige Anteile, die sich vereinigen; in jenem Fall sprechen wir von Heterosexualität oder Heterogamie, in diesem von Homosexualität oder Isogamie. Bei der Zygosporenbildung, die für viele Algen und Pilze charakteristisch ist, handelt es sich nach dem Gesagten um Homosexualität. Die homosexuellen Formen unter den Pflanzen geben über manche allgemeine biologische Fragen Aufschluß, namentlich dadurch, daß bei ihnen alle möglichen Übergänge von dieser primitivsten Form der Sexualität zu der höheren führen, bei welcher mehr oder minder deutlich unterschiedene — männliche und weibliche — Zellen sich miteinander verbinden. Die vermittelnden Zwischenformen führen so allmählich von einer Hauptgruppe zur andern, daß bei manchen es strittig bleiben muß, ob die auf sexuellem Wege erzeugten Sporen noch als Zygo- oder bereits als Oosporen anzusprechen sind, d. h. als solche, die durch Befruchtung einer Eizelle durch eine Samenzelle entstanden sind.

Gleichartige, zur Vereinigung miteinander bestimmte Sexualzellen nennt man Gameten. Wir unterscheiden zwischen ruhenden und beweglichen Gameten, je nachdem ob ganze, umhäutete Zellen nach partieller Lösung ihrer Membranen ihren Inhalt zusammenfließen lassen, oder ob durch Fragmentation des Plasmaleibes einer Zelle nackte bewegliche Schwärmer entstehen, die äußerlich den oben behandelten Zoosporen gleichen, von diesen sich aber vor allem dadurch unterscheiden, daß sie sich paarweise miteinander vereinigen und einer Zygospore Entstehung geben. Bei der Vermehrung durch bewegliche Gameten haben wir es wohl mit dem einfachsten Modus sexueller Fortpflanzung und sexueller Sporenbildung zu tun: ihr Ausgangsmaterial erinnert noch völlig an gewisse Träger der ungeschlechtlichen Vermehrungsweise. Die Bildung sexueller Schwärmer spielt bei verschiedenen Algengruppen — den Grün- und Braunalgen — eine große Rolle.

Digitized by Google

Während den schwärmenden Gameten ihre Fähigkeit zu freier Ortsveränderung gegenseitiges Treffen und nachfolgende Verschmelzung möglich macht, können bei Arten mit ruhenden Gameten nur diejenigen Zellen sich paarweise vereinigen, die in zufälliger Berührung aufeinander getroffen sind oder einander entgegenwachsen, also durch Wachstumsbewegungen sich einander nähern können. Während bei den beweglichen Gameten es sich ebenso wie bei den ungeschlechtlichen Schwärmern um nackte Protoplasmaballen handelt, sind die ruhenden Gameten umhäutet und müssen vor der Vereinigung ihrer Protoplasten durch ein zelluloselösendes Enzym das trennende Membranstück beseitigen.

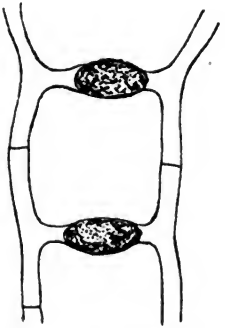


Fig. 11. Leiterförmige Kopulation zweier Konjugatenfäden (Debarya), die mit der Bildung einer Zygospore zwischen je zwei Zellen endet. (Nach einer Figur von de Bary.)

Einige einfache Typen sollen uns die Vorgänge der Zygosporenbildung veranschaulichen.

Als Algen mit Zygosporensexualität — wir können sie als Zygophyzeen zusammenfassen — kommen in erster Linie die Konjugaten in Betracht, weitverbreitete grüne Algen, die teils als einzellige Organismen im Wasser der Torfsümpfe usw. heimisch sind (Desmidiazeen) — bekannt und vielgenannt wegen ihrer zierlichen, mannigfaltigen Formen —, teils vielzellige Fäden bilden (Zygnemazeen), die mit auffallend gestalteten Farbstoffträgern oder Chromatophoren ausgestattet sind (Platten, Spiralbändern (vgl. Fig. 16), sternförmigen Gebilden usw.). Aus der zweiten Gruppe stammt die in Fig. 11 dargestellte Debarya; zwei nebeneinander liegende Fäden haben ihre Zellen paarweise durch Querstücke verbunden. An gegenüberliegenden Zellen werden bei Beginn des Kopulationsaktes kleine Vorstülpungen sichtbar, die zu ansehnlichen Schläuchen auswachsen; diese berühren sich schließlich, stellen ihr Wachstum ein und lösen an ihrer Spitze das trennende

Digitized by Google

Membranstück, wonach sich die Plasmamassen beider Zellen miteinander vereinigen und in dem Verbindungsstück, wie die Figur zeigt, sich zu einer Spore verdichten. Wir müssen diese als Zygospore ansprechen, da bei ihrer Entstehung zwei gleichartige Zellen mitgewirkt haben. — Die Spore bildet eine starke

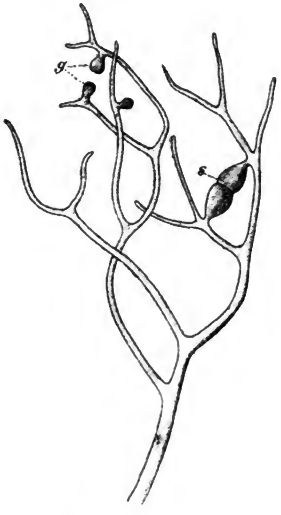


Fig. 12. Vorbereitung zur Zygosporenbildung (Sporodinia grandis, nach Klebs). An den Myzelfäden entstehen Seitenästchen („Geschlechtskeulen" g), die aufeinander zuwachsen und sich schließlich berühren (s).

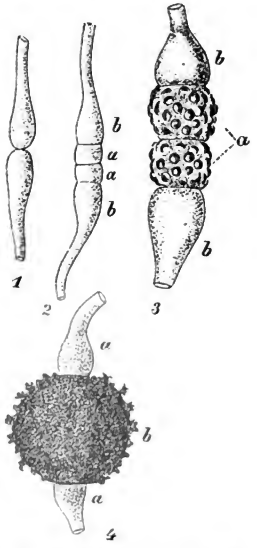


Fig. 13. Einzelheiten der Zygosporenbildung (Mucor Mucedo): 1. Berührung der Geschlechtskeulen. 2. Abschnürung der Spitzenzellen oder Gameten (a) von den „Suspensoren" (b). 3. Beginn der Sporenbildung 4. Reife Zygospore (b) an den Suspensoren (a). (N. Brefeld.)

Membran aus und kann eine lange Ruheperiode durchmachen, bevor sie keimt und zu einem neuen Algenfaden auswächst.

Es ist bei den Zygophyzeen ein sehr häufiger Fall, daß unter geeigneten Ernährungsbedingungen sämtliche Zellen, welche den betreffenden Algenfaden zusammensetzen, in der Produktion von Geschlechtszellen ihren gesamten Inhalt aufbrauchen. Bei

Digitized by Google

den zygosporenbildenden Pilzen, den Zygomyzeten, liegen die Verhältnisse insofern komplizierter, als der Unterschied zwischen dem sexuellen Anteil und dem vegetativ bleibenden Zellenmaterial des Thallus meist ohne weiteres in die Augen springt. Dabei handelt es sich stets um ruhende Gameten: sexuelle Schwärmer fehlen den Zygomyzeten ganz und gar.

Als Typus der Zygomyzeten schildern wir Sporodinia grandis und den weit verbreiteten Schimmelpilz Mucor Mucedo (vgl. Fig. 12 und 13). Wie bei den meisten Zygomyzeten ist auch bei ihnen das Myzel einzellig — obwohl ansehnlich groß und reichverzweigt —, bis die Vorbereitungen zum Sexualakt beginnen. Dann sehen wir keulenförmige Seitenäste der Thallusfäden an ihrer Spitze eine Querwand ausbilden; die so abgegliederten Spitzenzellen (Gameten) vereinigen sich miteinander und liefern die starkwandige, dunkle Zygospore.

Fig. 14. Gametenkopulation bei Ulothrix zonata (nach Dodel-Port). Rechts unten ein Fadenstück der Alge, deren Zellen in Gameten zerfallen sind und ihren Inhalt zum Teil bereits abgegeben haben. Links frei schwärmende Gameten und verschiedene Stadien der Kopulation. Als dunkles Plättchen ist an den Schwärmern der rote „Augenfleck" (s. oben S. 16) sichtbar; bei der Kopulation kommen die Augenflecke immer nach außen zu liegen.

Beispiele für Fortpflanzung durch bewegliche Gameten finden wir unter den Grün- und Braunalgen (Chlorophyzeen, Phäophyzeen) und veranschaulicht durch Fig. 14. Bei Ulothrix und vielen andern ähnlichen Formen kann der Inhalt aller Zellen zu kopulationsfähigen Schwärmern werden, indem der Kern sich teilt, das Plasma sich zerklüftet, und in wechselnder Anzahl selbständige, kernhaltige, birnenförmige Plasmaballen, die mit zwei Geißeln ausgestattet sind, zustande kommen. Die Zelle, in der sich die Gameten entwickeln, nennt man Gametangium; es öffnet sich in der einen oder anderen Weise und läßt die Gameten herausschwärmen. Diese gleichen in Form und Entstehung,

Digitized by Google

ja sogar in ihren taktischen Bewegungserscheinungen (s. oben, S. 16) den ungeschlechtlichen Zoosporen und unterscheiden sich von diesen nur durch die Fähigkeit zur geschlechtlichen Fusion. Je zwei Gameten legen sich aneinander an, verschmelzen miteinander und liefern die Zygospore.

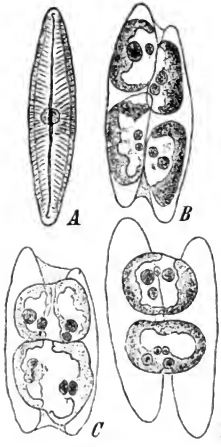


Fig. 15. Gametenkopulation bei Diatomeen (Navicula viridula, nach Karsten). *A* Ruhende Zelle; die Membran ist deutlich gestreift. *B* Teilung des Inhalts in zwei nebeneinanderliegende Zellen. *C* Vereinigung gegenüberliegender Plasmaballen. *D* Junge Zygosporen. — Zu beachten die Kernteilung: in den Gameten liegen je zwei, in den Zygosporen zunächst je vier Kerne von ungleicher Größe.

Bei Ulothrix kann, wie gesagt, jede Zelle zu einem Gametangium werden — ähnlich wie bei Debarya usw. jede Zelle zu einem Gameten auswachsen kann. Bei anderen Algen tritt eine Scheidung zwischen sterilem und fruchtbarem Zellenmaterial ein, und die Gametenbildung wird zum Vorrecht bestimmt gestalteter Zellen, wie bei vielen Phäophyzeen u. a.

Wir schließen die erste Reihe unserer Beispiele mit einer Reihe tief stehender, pflanzlicher Organismen, die man ihres Membranbaues wegen als Plakophyten bezeichnet. Es handelt sich bei ihnen um einzellige Pflanzen, deren Membrangehäuse sich aus mehreren unverbundenen „Panzerstücken" aufbaut; es gehören hierher die Kieselalgen oder Diatomeen, die Peridineen und die schon früher erwähnten Desmidiazeen. Sie alle bilden Zygosporen, nehmen aber durch die Art ihrer Zellenvereinigung eine besondere Stellung ein: die Panzerstücke der Membran verschiedener Zellen lockern sich und klaffen, und der lebendige Zellinhalt tritt heraus (vgl. Fig. 15 *B*, *C*); man kann bei ihnen vielleicht von beweglichen Gameten sprechen, obschon den fusionierenden nackten Plasmaballen besondere Bewegungsorgane durchaus fehlen. Sie fließen in einer Art Gallertröhre einander entgegen. Der Vergleich mit den gameten-

Digitized by Google

bildenden Grünalgen wird besonders bei denjenigen Formen der Diatomeen angebracht sein, bei welchen eine Fragmentation des Plasmainhalts der Fusion vorausgeht wie bei Navicula viridula (vgl. Fig. 15), und mehrere Zygosporen gleichzeitig gebildet werden. — Bei den Diatomeen, bei welchen die Vermehrung durch (ungeschlechtliche) Zweiteilung eine große Rolle spielt, nennt man die durch Gametenkopulation entstehenden Sporen „Auxosporen". Derselbe Modus der Vermehrung ist neuerdings*) bei Peridineen beobachtet worden und für viele Desmidiazeen schon lange bekannt.**)

Die niederen Organismen, mit welchen wir es hier zu tun haben, verdienen in mehrfacher Hinsicht unser besonderes Interesse. In erster Linie ist das Vorkommen und die weite Verbreitung der Homosexualität beachtenswert. Ferner ist wichtig, daß bei diesen primitiven Formen auch diese bescheidenen Anfänge der Sexualität noch nicht fixiert und obligatorisch geworden sind: für viele Algen (Ulothrix, Botrydium usw.) ist sichergestellt, daß dieselben Schwärmer, deren geschlechtliche Vereinigung zu Zygosporen wir eben behandelten, unter bestimmten Bedingungen wie ungeschlechtliche Zoosporen sich verhalten und ohne vorangegangene Kopulation sich zu weiterer Entwicklung fähig zeigen können. Dabei sind es stets die äußeren Umstände, welche über das Schicksal der Schwärmer entscheiden. Ein dritter wichtiger Punkt liegt schließlich darin, daß unter den zygosporenbildenden Algen und Pilzen sich zahlreiche Formen finden, bei welchen wir bei genauer Betrachtung der beiden

*) Siehe Zederbauer, Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung von Ceratium hirundinella. Ber. d. D. bot. Ges. Bd. XXII, 1904, S. 1.

**) Daß noch ein anderer Modus der Gametenkopulation bei Diatomeen vorkommt, haben einige wichtige Beobachtungen Karstens neuerdings wahrscheinlich gemacht (Die sogenannten Mikrosporen der Planktondiatomeen usw.; Ber. d. D. bot. Ges. 1904, Bd. XXII, S. 544), wonach der Inhalt der Diatomeenzelle (Corethron) in zahlreiche Mikrosporen oder Gameten zerfällt (bis 128), die später innerhalb des Membrangehäuses der Mutterzelle miteinander kopulieren und Zygoten entstehen lassen.

Digitized by Google

Sexualpartner einen allmählichen Übergang von der Homo- zur Heterosexualität verfolgen können. Auf diese Zwischenformen wollen wir etwas näher eingehen.

Wir beginnen mit den Zygomyzeten, von welchen bisher nur Sporodinia und Mucor genannt wurden. Bei der ersteren sind die geschlechtlichen Sporen (Zygosporen) leicht zu beobachten, während sie bei andern weitverbreiteten und oft untersuchten Zygomyzeten (wie Mucor und Phycomyces) nur äußerst selten angetroffen werden. Der Grund ihrer Seltenheit ist neuerdings durch die Untersuchungen von Blakeslee*) klargelegt worden: es hat sich gezeigt, daß im Gegensatz zu Sporodinia (vergl. Fig. 12) bei den anderen genannten Gattungen Äste von ein und demselben Myzel niemals miteinander kopulieren können, ja daß sogar mehrere Myzelien, die nebeneinander wachsen, nur dann imstande sind, miteinander zu kopulieren, wenn sie verschiedenen „Rassen" angehören; jede Art der genannten Gattungen und vieler anderer kommt nämlich in zwei „Rassen" vor, die sich morphologisch völlig gleichen, und die sich nur in ihrem Verhalten zueinander hinsichtlich des Sexualaktes unterscheiden. Beide müssen offenbar in ihrer plasmatischen Konstitution voneinander abweichen. Da der Mangel an morphologischen Unterschieden es verbietet, die Rassen als „männliche" und „weibliche" zu bezeichnen, werden sie kurzweg als plus- und minus-Rasse bezeichnet: sät man Exemplare der plus- und minus-Rasse nebeneinander aus, so entstehen Zygosporen in großer Anzahl.

Der nächste Schritt auf dem Wege zur Heterogamie führt dazu, daß die beiden beteiligten Gameten zwar formal noch einander gleich sind, aber sich in ihrer Betätigung beim Sexualakt in deutlich erkennbarer Weise unterscheiden. Spirogyra, eine Vertreterin der fadenbildenden Konjugaten, aus deren Reihe wir oben Debarya nannten, unterscheidet sich von dieser neben anderem dadurch, daß die Produkte der sexuellen Vereinigung

*) Sexual reproduction in the Mucorineae (Proc. Americ. Acad. of Arts and Sci.; 1904, vol. XXXX, p. 205).

Digitized by Google

nicht zwischen den beiden Fäden „auf neutralem Boden" entstehen, sondern bei der Kopulation der Inhalt der einen Zelle in die andere überfließt, und in dieser dann der Inhalt zur Zygospore sich verdichtet (vgl. Fig. 16): somit ist eine Zelle die empfangende, die andere nur der gebende Teil, so daß man hier — trotz äußerlicher Gleichheit der Zellen — schon von weiblichen und männlichen Kopulanten sprechen kann. Manche Fäden bestehen nur aus männlichen, andere nur aus weiblichen Zellen, so daß dann, wenn die gegenüberliegenden Zellen verschiedenartiger Fäden zur Sporenbildung sich vereinigt haben, schließlich der weibliche Faden eine ununterbrochene Kette zygosporenhaltiger Zellen darstellt, während der andere vollständig inhaltslos geworden ist. Ähnliches Verhalten wie bei Spirogyra treffen wir auch bei einigen einzelligen Konjugaten (Desmidiazeen) und gewissen Zygomyzeten an (Entomophthora).

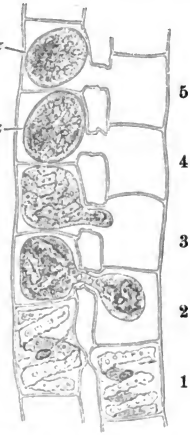


Fig. 16. Gametenkopulation bei Spirogyra quinina. Zellenpaar 1: Anfänge der Kopulation (Schlauchbildung), 2 und 3: Hinüberfließen des männlich. Protoplasmas zum weiblichen, 4 und 5: links Zygosporen (z), rechts entleerte männliche Zellen. — Der rechts liegende Faden ist als männlicher, der links liegende als weiblicher zu bezeichnen — Nach Strasburgers Lehrbuch.

Sind schließlich die beiden Sexualzellen auch formal — in Gestalt und Größe — einander ungleich, so fällt streng genommen jeder Grund, bei ihnen noch von Homosexualität und Zygosporen zu sprechen, fort. Bei manchen fadenbildenden Konjugaten lassen eine große weibliche und eine sehr viel kleinere männliche Zelle ihren Inhalt zusammenfließen (Sirogonium), bei Dicranophora (Zygomyzeten) sind die beiden Gameten in Größe und Gestalt durchaus verschieden u. a. m. Ähnliche Frühstufen der Heterosexualität finden sich bei den mit beweglichen Gameten ausgestatteten Algen: Bryopsis (Grünalge) besitzt große und kleine, weibliche und männliche Schwärmer,

Digitized by Google

ebenso Cutleria und viele andere Braunalgen. Bei Cutleria ist der Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Schwärmern sehr auffallend, diese sind sehr viel größer als die männlichen. Bei andern, wie Ectocarpus, sind die weiblichen den männlichen Gameten sehr ähnlich; Fig. 17 stellt einen weiblichen Gameten von zahlreichen männlichen umschwärmt dar. Der Unterschied der beiden Geschlechter besteht darin, daß die weiblichen sich früh festsetzen und dann von den männlichen aufgesucht werden. — Ob man in solchen Fällen noch von Gameten und Zygosporen, oder bereits von Eibefruchtung und Oosporenbildung sprechen soll, obschon als Eizellen nur von Anfang an ruhende weibliche Geschlechtszellen bezeichnet zu werden pflegen, ist eine Definitionsfrage von untergeordneter Bedeutung, auf die wir hier nicht näher einzugehen brauchen.

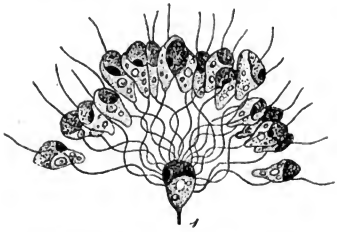


Fig. 17. Gametenkopulation bei Ectocarpus siliculosus, ein ruhender („weiblicher") Gamet von zahlreichen „männlichen" umschwärmt. Nach Oltmanns.

b) Oosporenbildende Algen und Pilze.

(Oophyzeen und Oomyzeten.)

Oosporen entstehen nach Befruchtung ruhender weiblicher Zellen (Eizellen, Oosphären) durch meist bewegliche männliche (Samenzellen, Spermatozoen, Spermatozoiden): wir haben es also hier mit ausgesprochen heterosexuellen Formen zu tun und mit typischer Heterogamie. Oosporenbildende Gewächse finden sich unter den Algen und Pilzen, — gehören sie zu diesen, so spricht man von Oomyzeten, die entsprechenden Algen kann man als Oophyzeen bezeichnen.

Auch bei den oosporenbildenden Gruppen des Pflanzenreichs stoßen wir auf große Mannigfaltigkeit. Die einfachsten Fälle, die mit manchen Zügen noch an die zygosporenbildenden Thallophyten erinnern, liegen dann vor, wenn alle Zellen einer Pflanze an

Digitized by Google

der sexuellen Betätigung teilnehmen können, und eine Sonderung in steriles und fruchtbares Zellenmaterial noch fehlt. Bei Sphaeroplea z. B., einer Chlorophyzee, kann der Inhalt aller Zellen sich zerklüften und Eizellen oder Spermatozoen liefern. Viel häufiger bleibt die Produktion der sexuellen Elemente auf bestimmte Teile des Mutterorganismus beschränkt, die dann meist durch besondere Form von den sterilen Teilen sich deutlich unterscheiden: Die Behälter der Eizellen nennt man Oogonien, die mit Spermatozoen gefüllten heißen Antheridien.

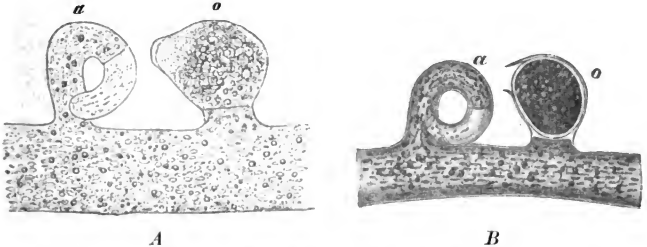


Fig. 18. Eibefruchtung bei Vaucheria sp.
A Oogonium (*o*) u. Antheridium (*a*) vor der Öffnung (nach Strasburgers Lehrbuch). *B* dasselbe nach der Befruchtung, rechts (*o*) Oospore; das Antheridium ist entleert (nach Klebs).

Für alle Fälle gilt, daß Eizellen und Spermatozoen niemals in demselben Organ entstehen.

Fig. 18 *A* zeigt ein Stück der einzelligen fadenförmigen Alge Vaucheria, von deren Zoosporen schon oben die Rede war. Es sind an ihm nebeneinander ein Oogonium und ein Antheridium entstanden. Beide entstehen an dem sie erzeugenden Fadenstück als kleine Seitenäste, deren obere Teile sich durch eine Querwand abgrenzen. Der große beutelartige Auswuchs wird zum Oogonium, sein Inneres enthält eine Oosphäre; der schlanke, meist hornartig gekrümmte Faden neben ihm stellt mit seinem obersten Teil das Antheridium dar, dessen Inhalt zu zahlreichen, beweglichen Spermatozoen sich umwandelt. Zur Zeit der Reife öffnen sich beide Organe, und die Spermatozoen

Digitized by Google

können zu den Eizellen der Oogonien vordringen. Die weiblichen Zellen umgeben sich nach der Befruchtung mit einer derben Membran und werden dadurch zu Oosporen (vgl. Fig. 18 *B*).

Der Fall von Vaucheria ist ein besonders einfacher, — zunächst deswegen, weil jedes Oogonium nur eine Eizelle und nach der Befruchtung nur eine Oospore enthält, ferner deshalb, weil hier stets ein männliches und ein weibliches Organ dicht nebeneinander entstehen, deren Geschlechtsprodukte gegenseitig aufeinander angewiesen sind, so daß hier immer Sexualzellen zur Vereinigung kommen, die an derselben Mutterpflanze in allernächster Nachbarschaft entstanden sind. Ähnliche örtliche Beziehungen zwischen den männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen finden sich bei den Monoblepharideen, einer kleinen, interessanten Gruppe der Oomyzeten, deren Vertreter im Wasser auf faulenden pflanzlichen oder tierischen Stoffen vorkommen. Bei ihnen entwickelt die Endzelle eines Myzelfadens die Oosphäre, unmittelbar darunter liegt die Zelle, die als Antheridium funktioniert und Spermatozoen produziert. Beide Zellen öffnen sich, und die Geschlechtszellen vereinigen sich.

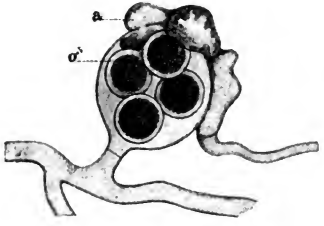


Fig. 19. Eibefruchtung bei Saprolegnia mixta (nach Klebs), *a* Antheridium, *o* Oosporen im Oogonium.

Noch weiter geht die gegenseitige Abhängigkeit der benachbarten männlichen und weiblichen Organe, wenn die Produkte der Antheridien nicht frei bewegliche Schwärmer sind, sondern kernhaltige Plasmamassen, welche unmittelbar aus dem männlichen Organ in das weibliche überfließen müssen. Das Antheridium sehen wir dann das Oogonium umklammern und mit einem feinen kanülenartigen Fortsatz anstechen; aus diesem fließt das männliche Plasma in das Oogonium über (vgl. Fig. 19). Beispiele hierfür liefern die andern Oomyzetengruppen, die wasserbewohnenden Saprolegniazeen, die zum Teil als Fisch-

Digitized by Google

töter berüchtigt sind, und die Peronosporazeen, unter welchen sich viele gefährliche Pflanzenschädlinge — Peronospora, Phytophthora u. a. — finden.*) Im Oogonium liegen eine oder mehrere Oosphären und später ebensoviel Oosporen. Bei manchen Saprolegniazeen entstehen männliche und weibliche Organe an demselben Fadenstück wie bei Vaucheria, bei andern Arten entstammen die Oogonien und die sie umklammernden Antheridien getrennten Individuen.

Unter den Algen finden sich zahlreiche Formen, bei welchen den Spermatozoen nicht nur freie Ortsveränderung, sondern auch insofern die Möglichkeit freier Auswahl unter den Oogonien zukommt, als die männlichen und weiblichen Organe getrennt voneinander entstehen und dauernd unabhängig voneinander bleiben, so daß die Spermatozoen erst einen ansehnlichen Weg zurücklegen müssen, bevor es zur Vereinigung kommt; Beispiele hierfür liefern die Armleuchtergewächse (Charazeen), das schon früher besprochene Oedogonium u. v. a. Bei Fucus und andern ähnlichen Braunalgen werden nicht nur die männlichen Zellen entleert und auf die Wanderschaft geschickt, sondern auch die Eier in Freiheit gesetzt. Bei dem genannten Bruntang treten zur Zeit der Ebbe die Eier und Spermatozoen aus ihren Behältern hervor; zunächst bleiben sie allerdings noch von einer feinen Haut umspannt, die erst dann, wenn die Flut wiederkehrt, aufreißt und die geschlechtliche Vereinigung der männlichen und weiblichen Zellen möglich macht. Mit diesen Algen nähern wir uns freilich bereits wieder der zygosporenbildenden Reihe, da bei ihnen die Eizellen den männlichen Schwärmern wieder ähnlich werden; man hat daher die Vermutung ausgesprochen, daß die Eier der Brauntange als cilienlos gewordene, umfangreiche Schwärmer weiblichen Geschlechts anzusehen sind, und daß die fukusähnlichen Tange sich

*) Die oben genannten Monoblepharideen sind die einzigen Pilze, welche Spermatozoen entwickeln; bei den später zu behandelnden antheridientragenden Pilzgruppen entspricht der Befruchtungsvorgang im wesentlichen dem hier für die Saprolegniazeen und Peronosporazeen geschilderten.

Digitized by Google

phylogenetisch an cutleriaartige Formen (s. o. S. 42) am besten anschließen.*)

Weitere Unterschiede zwischen den verschiedenen oosporenbildenden Gewächsen bestehen darin, daß die Unterschiede zwischen den Oogonien und Antheridien einerseits und den gewöhnlichen vegetativen Zellen andererseits mehr oder minder sinnfällig sein können, das zahlenmäßige Verhältnis zwischen den produzierten Eizellen und Spermatozoen immer mehr zugunsten der letzteren sich verschieben, und die morphologische Ausgestaltung der Oogonien immer komplizierter werden kann; die vegetativen Zellen, die in der Nachbarschaft der Eizellen liegen, nehmen oft charakteristische Formen an und umhüllen und umrinden die Eizelle (Chara u. a.). Solche Fälle bieten viel morphologisch Interessantes, geben aber für das Studium der Sexualität der Pflanzen keine weitere Anregung; wir dürfen daher hier auf ihre ausführliche Besprechung verzichten.

c) Hefen.

Von der Fortpflanzung der Hefen wußte man bis vor kurzem nur, daß die Zellen der meisten Arten bei geeigneten Ernährungsbedingungen in schneller Folge junge Zellindividuen aus sich heraus knospen oder „sprossen" lassen, und daß ferner unter bestimmten Bedingungen der lebende Inhalt der Hefezellen sich zusammenballt und zu einigen — vier oder acht — Sporen umwandelt, die ihrerseits keimen und lebhaft sprossende Zellen hervorbringen können. Neuerdings ist durch die Untersuchungen verschiedener

*) Daß auch männliche Zellen bewegungslos werden können, zeigen die „Spermatien" der weiter unten behandelten Rotalgen: sie gleichen den Spermatozoen, haben aber keine Cilien. — Bei den Dictyotazeen liegen unbewegliche Eizellen vor, die nach den Angaben älterer Autoren ebenfalls durch Spermatien befruchtet werden. Neuerdings hat sich aber wenigstens für einige Formen feststellen lassen, daß die männlichen Zellen anfangs doch noch selbständig beweglich sind. (Näheres bei Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1904, Bd. I, S. 480 ff.)

Digitized by Google

Forscher*) klargelegt worden, daß bei zahlreichen Hefearten ein Sexualakt der Sporenbildung vorausgeht; wir sehen, daß die Hefezellen lange, flaschenhalsartige oder retortenähnliche Fortsätze bilden, die mit den Spitzen sich berühren; nach Lösung des trennenden Membranstücks erfolgt ganz ähnlich wie bei Debarya, Spirogyra u. v. a. (s. o.) eine Verschmelzung des Inhalts beider Gameten: — von Gameten, ruhenden Gameten, dürfen wir hier sprechen, denn die beiden miteinander kopulierenden Zellen sind einander durchaus gleich (vgl. Fig. 20). Zuweilen sind es Zellen, die soeben als Tochter- und Schwesterzellen durch Teilung**) einer Mutterzelle entstanden sind und sich nun sogleich wieder vereinigen, in anderen Fällen beliebige Individuen, die durch keinen ohne weiteres erkennbaren Grad der Verwandtschaft miteinander verbunden sind. Wir könnten die Hefen den oben behandelten zygosporenbildenden Pilzgruppen anreihen, wenn nicht ein wichtiger Unterschied sie von diesen trennte: die durch Fusion der beiden Zellen entstandene Plasmamasse wird nicht zu einer Spore, sondern teilt sich, und es entstehen als Produkt einer geschlechtlichen Vereinigung mehrere — vier oder acht — Sporen.

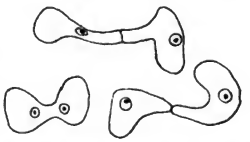


Fig. 20. Kopulation bei den Hefen (nach Guilliermond). Verschiedene Zellformen und Stadien der Fusion.

Wir besprechen die Hefen ausführlich, weil bei ihnen die Verhältnisse so einfach liegen: einzig steht der Fall im Pflanzenreich keineswegs da. So wurde vor Jahren einmal von Eidam***) auf Malzextrakt ein außerordentlich interessanter Pilz gefunden,

*) Die einschlägige Literatur bis 1903 bei Jahn, Zellbau und Fortpflanzung der Hefe (Arch. f. Protistenkunde, Bd. II, 1903, S. 329).

**) Manche Hefen verdienen den Namen „Sproßpilze" nicht, insofern sie nicht durch Sprossung neue Individuen entstehen lassen (s. o.), sondern die Mutterzellen sich bei ihnen durch Bildung einer Querwand halbieren (Gattung Schizosaccharomyces).

***) Zur Kenntnis der Entwicklung bei den Askomyzeten (Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. III, 1883).

Digitized by Google

der seitdem leider nicht mehr wieder aufzutreiben war, aber von dem genannten Autor hinreichend genau studiert worden ist: Eremascus albus, der in vielen Stücken an die echten Zygomyzeten erinnert. Wir sehen bei seiner geschlechtlichen Fortpflanzung zwei Myzeläste beteiligt, die sich gegenseitig schraubig umwinden, und ihre Enden schließlich als Gameten miteinander verschmelzen lassen: das Produkt der Vereinigung ist eine kuglige Zelle, deren Inhalt in acht Sporen zerfällt.

Wie bei den echten Zygomyzeten finden sich auch bei dieser von uns an die Hefen angereihten Gruppe Übergänge von der Homo- zur Heterosexualität. Lagerheim*) isolierte vom Schleimfluß einer Bromeliazee — auch bei unseren einheimischen Gewächsen haben sich die „Schleimflüsse" als Fundgrube interessanter Organismen erwiesen — einen Pilz (Dipodascus), bei dem ebenfalls zwei Zellen zur Verschmelzung kommen, aber derart, daß die eine von beiden lediglich der gebende, die andere der empfangende Teil ist. Die letztere wächst heran und läßt später ihren Inhalt in eine sehr große Anzahl von Sporen zerfallen. Beide Charaktere des Dipodascus — ungleichartige Beteiligung der beiden Sexualpartner und Ableitung sehr zahlreicher Sporen von einem Sexualakt — werden wir bei der im nächsten Abschnitt besprochenen Gruppe immer mehr sich fortbilden sehen.

Der Fall, daß mehrere Sporen durch Teilung der befruchteten Plasmamasse zustande kommen, findet sich auch bei einigen Algen wieder (gewissen Bangiazeen), nur mit dem Unterschied, daß es sich bei ihnen nicht um Verschmelzung gleichartiger Zellen oder Gameten, sondern um Fusion männlicher Zellen mit Eizellen handelt.

Wir haben die Hefen und die ihnen vergleichbaren Formen an die Zygomyzeten angeschlossen, weil es sich bei ihnen um Gametenkopulation handelt und sie uns durch die Art ihrer Sporenbildung den Übergang zu den höheren Pilzen, insbesondere den Askomyzeten gut vermitteln. Die für die Hefen

*) Dipodascus albidus, eine neue geschlechtliche Hemiascinee (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXIV, 1892).

Digitized by Google

bisher bekannt gewordenen sexuellen Erscheinungen sind aber mit den soeben geschilderten noch keineswegs erschöpft. Es hat sich zeigen lassen, daß bei Saccharomyces Ludwigii, der neben einem Askomyzeten Endomyces Magnusii sich auf dem schaumigen Schleimfluß der Eichen findet, aus den Sporen Zellen entstehen, die paarweise miteinander fusionieren und dabei ihre Kerne vereinigen; aus dem Vereinigungsprodukt entsteht ein Keimschlauch (Hansens „Promyzel"), aus dem durch Querteilung neue Zellen hervorgehen.*) Der Fall, daß die aus den Sporen hervorgegangenen Elemente miteinander mit allen Anzeichen der Sexualität verschmelzen, steht unter den Pilzen nicht vereinzelt da; vergleichbare Vorgänge werden später bei Besprechung der Brandpilze (Ustilagineen) anzuführen sein.

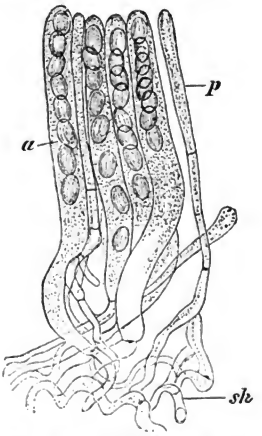


Fig. 21. Beispiel für Askusbildung (Morchel, Morchella esculenta, nach Strasburgers Lehrbuch). *a* Asci mit je 8 Sporen, *p* steriler Faden zwischen den Asci, sogenannte Paraphyse, *sh* Pilzfaden („subhymeniales" Gewebe).

d) Askomyzeten und Florideen.

Als Askomyzeten bezeichnet man Pilze mit vielzelligem Myzel, die außer Konidien oder anderen ungeschlechtlichen Sporen noch eine „höhere" Fruchtform in Gestalt der sogenannten Asci („Schläuche") entwickeln; letztere sind meist keulenförmige Hyphenenden, deren Inhalt eine beschränkte Anzahl von Sporen — meist acht — ausbildet (vgl. Fig. 21). Ob bei der Askusbildung sexuelle Vorgänge beteiligt sind, ist eine von den Mykologen seit de Barys Zeiten heiß umstrittene

*) Literatur bei A. Guilliermond, Recherches sur la germination des spores et la conjugaison chez les levures (Rev. gén. de Bot. 1905 vol. XVII, p. 337).

Digitized by Google

Frage,*) die neuerdings in positivem Sinne beantwortet worden ist; auch die Askomyzeten haben ihre Sexualität; aber Kopulation und Sporenbildung rücken bei ihnen noch weiter auseinander als bei den Hefen usw.

Das Neue, das die Askomyzeten für uns interessant macht, zeigt sich in einfachster Gestalt bei der besonders von Harper**) studierten Sphaerotheca Castagnei, einem Meltaupilz, der auf Hopfen und vielen anderen Gewächsen sein Wesen treibt.

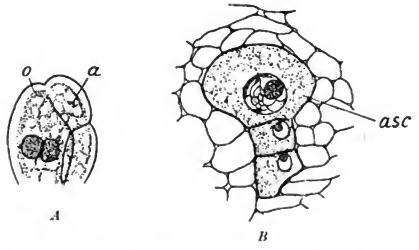


Fig. 22. Befruchtung und Askusbildung bei Sphaerotheca Castagnei (nach Harper).
A die beiden Sexualorgane unmittelbar nach der Befruchtung, links das Oogonium (*o*), rechts das Antheridium (*a*), das seinen Kern bereits in das Oogonium hat wandern lassen. — *B* die befruchtete Eizelle hat sich geteilt und ist zu einer kurzen Zellenreihe geworden; eine der Zellen wächst zum Askus heran (*asc*).

Schon de Bary sah an den Stellen, an welchen sich zwei Fäden kreuzen, besondere Organe sich ausbilden, Oogonien und Antheridien.***) Fig. 22 *A* zeigt uns beide nebeneinander: links das weibliche, rechts das männliche Organ, dessen Spitzenzelle einen Teil seines Inhalts, besonders den Kern, bereits in die ihm anliegende weibliche Zelle hat überfließen lassen. Die der Ver-

*) Vgl. zur Einführung den Aufsatz von Oltmanns: Über die Sexualität der Pilze. Biolog. Zentralbl. 1901, Bd. XXI, S. 433.

**) Neuerdings auch von Blackman und Fraser (Ann. of Bot. 1905, vol. XIX, p. 567) untersucht; daselbst und bei Oltmanns (a. a. O.) weitere Literaturangaben.

***) de Bary sprach von Karpogonen und Pollinodien.

Digitized by Google

schmelzung folgenden Vorgänge sind in Fig. 22 *B* veranschaulicht: auf die Fusion folgt Zellenteilung: es entsteht eine kurze Zellenreihe, und eine der Zellen (Fig. 22 *B asc*) wandelt sich später zum Askus um, d. h. zu dem Schlauch, aus dessen Inhalt acht Sporen hervorgehen werden. Wichtig ist, daß nicht nur — wie bei den Hefen — von einem Sexualkernpaar sich mehrere Sporen ableiten, sondern daß auch

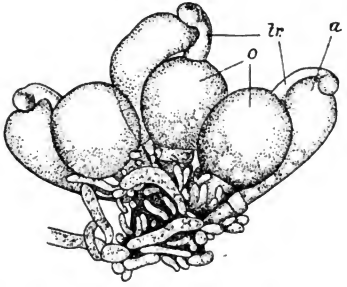


Fig. 23. Befruchtung bei Pyronema confluens (nach Harper).
o die Oogonien, *tr* Trichogyne, *a* Antheridium.

zu diesen nur eines Teils der Fusionsmasse benötigt wird, und mehrere Anteile, die bei der Zellreihenbildung sich abspalten, steril bleiben.

Noch einen Schritt weiter führt uns die Betrachtung des ebenfalls von Harper studierten Pyronema confluens. Zunächst konstatieren wir, daß die Oogonien anders gestaltet sind (vgl. Fig. 23) als in dem vorigen Fall: der kuglige untere Teil trägt einen hörnchenförmigen Aufsatz, die sogenannte Trichogyne. Das Antheridium, das sich dem weiblichen Organ anlegt, entleert seinen Inhalt zunächst in diese Trichogyne und von diesem gelangt der Befruchtungsstoff nach Auflösung der trennenden Membran in den Bauchteil des Oogoniums. Hier vollzieht sich die Befruchtung — merkwürdigerweise derart, daß mehrere weibliche Kerne mit mehreren vom Antheridium gelieferten

Digitized by Google

verschmelzen*) — und dann wachsen (vgl. Fig. 24 *ascg*) aus dem Oogonium zahlreiche „askogene" Hyphen hervor, die sich ihrerseits verzweigen, wiederholte Zellenteilungen erfahren und endlich an ihren Spitzen die Asci (*asc*) entstehen lassen. — Vergleichen wir Pyronema mit Sphaerotheca, so bemerken wir, daß bei Pyronema eine noch viel weitergehende Aufteilung des befruchteten Oogoniuminhalts erfolgt als bei Sphaerotheca, daß auch bei Pyronema viele Zellenanteile steril bleiben, gleichzeitig aber eine große Anzahl von Asci entsteht: ein Befruchtungsakt gibt den Anstoß zur Bildung sehr zahlreicher Sporen. An Formen wie Pyronema werden wir anzuknüpfen haben, wenn wir uns später die Fortpflanzungsverhältnisse der Moose und der Gefäßpflanzen klarzumachen haben werden.

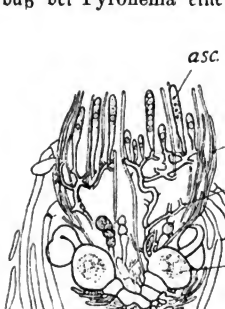


Fig. 24. Askusbildung bei Pyronema confluens (nach Harper). *o* Oogonium, *ascg* askogene Hyphen, *asc* Asci, *p* Paraphysen.

Eine abweichende Form der Sexualorgane, die schon seit geraumer Zeit bekannt ist und bei verschiedenen Pilzen — z. B. Eurotium, Gymnoascus — sich hat nachweisen lassen, ist durch die schraubige Drehung der beteiligten Hyphen gekennzeichnet: Ein Fadenende legt sich in sprungfederartige, mehr oder

*) Die Massenkopulation männlicher und weiblicher Kerne im Oogonium von Pyronema hat mit der Produktion zahlreicher Asci nichts zu tun: derselbe Reichtum an Sporen, der bei Pyronema schließlich resultiert, wird bei anderen Gewächsen durch Verschmelzung eines Sexualkernpaares eingeleitet (Florideen; — Boudiera [Askomyzet] stimmt nach Claussen [Bot. Ztg. 1905] hierin mit Pyronema überein). Bei der Gelegenheit sei darauf aufmerksam gemacht, daß bei Albugo Bliti der Bildung einer Oospore eine Massenkopulation vorangeht, während bei A. Tragopogonis u. a. nur ein Kernpaar sich vereinigt (Stevens 1889).

Digitized by Google

minder steil gewundene Schraubengänge und verbindet sich mit einem von außen sich anlegenden schlanken Hyphenast (Eurotium), — oder es bilden sich zwei Schrauben, die sich gegenseitig umwinden und schließlich miteinander fusionieren (Penicillium, Gymnoascus). Im ersten Falle spielt die gewundene Hyphe die Rolle des Oogoniums, dessen Inhalt der Befruchtung bedarf, und das später zu den askusbildenden Fäden aussproßt; man bezeichnet sie als Woroninsche Hyphe. Auch bei Gymnoascus u. a., bei welchen zwei schraubige Hyphen vorliegen, ist die eine von ihnen als weibliches Organ gekennzeichnet, die andere als männliches.*) —

Bei allen bisher geschilderten Askomyzeten entleert das Antheridium seinen Inhalt unmittelbar ins Oogonium bzw. in die Trichogyne, ohne daß es zur Bildung bestimmt geformter, freier Spermazellen kommt. Dasselbe hatten wir bei Besprechung einiger oosporenbildender Organismen zu konstatieren, unter welchen sich aber auch solche mit freien Spermatozoen befanden. Ähnliches findet sich nun bei den Askomyzeten wieder, nur daß bei diesen statt der frei schwärmenden Spermatozoen umhäutete cilienlose Zellen entstehen, die nur durch passive Bewegung an ihr Ziel gelangen können.

Stahls klassische Untersuchungen an Flechten (1877), speziell an Collema, haben uns mit einer besonderen Form der Trichogyne bekannt gemacht: der Flechtenthallus**) wird stellenweise von mehrzelligen kräftigen Fäden durchwachsen, die an seine Oberfläche vordringen und sie mit ihrer Spitze überragen (vgl.

*) Näheres bei Dale, Observations on Gymnoascaceae. Ann. of Bot. Vol. XVII, 1903, p. 571; daselbst einige weitere Literaturangaben.

**) Bekanntlich sind alle Flechten symbiotische Vereinigungen von Algen (Blau- oder Grünalgen) und Pilzen (meist Askomyzeten). Bei der hier geschilderten Art der Fortpflanzung wird lediglich die Bildung von Pilzsporen und neuen Pilzindividuen angebahnt, die Pilzkeimlinge können nur dann zu einer Flechte werden, wenn sie irgendwo auf eine entsprechende Alge stoßen und sich mit ihr assoziieren können. Vgl. das oben über die Soredien Gesagte (S. 11).

Digitized by Google

Fig. 25 *A*). An denselben Flechten finden sich grubenartige Einsenkungen (sogenannte Spermogonien), in welchen kleine umhäutete Zellen nach Konidienart abgetrennt werden, die sogenannten Spermatien. Die Untersuchungen von Stahl und die neueren von Baur haben es nun im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht, daß die Spermatien männliche Geschlechtszellen sind: sie bleiben an der Spitze der Trichogyne hängen

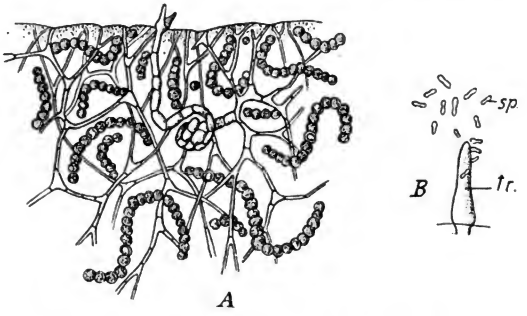


Fig. 25. Befruchtung bei der Flechte Collema (nach Stahl).
A, der Thallus besteht aus feinen Pilzfäden und vielzelligen, rosenkranzähnlichen Algen, beide durch gallertartige Massen verbunden. In der Mitte eine vielzellige Trichogyne. *B* Spitze einer Trichogyne (*tr*). In der Nähe zahlreiche Spermatien (*sp*).

und fusionieren mit ihnen (Fig. 25 *B*), und man sieht die Querwände der Trichogyne sich lösen. Unzweifelhaft verschmilzt der Kern des Spermatiums mit dem einer am Grunde der Trichogyne liegenden Zelle, des „Askogons", der später ähnliche Wachstumsveränderungen erfährt und ähnliche Gebilde aus sich heraussprossen läßt, wie das befruchtete Oogonium von Pyronema.*)

An die flechtenbildenden, mit Spermogonien ausgestatteten

*) Vgl. Stahl, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten I u. II. Leipzig 1877. Von neueren Autoren: E. Baur, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Flechtenapothezien I (Bot Zeitg. 1904, Heft 2 daselbst weitere Literaturangaben).

Digitized by Google

Pilze schließen sich als analoge Algenformen die Rotalgen (Rhodophyzeen oder Florideen) aufs beste an.*) Auch bei ihnen geht die Befruchtung von Spermatien aus, von freien Zellen, die in kleinen Behältern (Antheridien) entstehen und als anscheinend nackte Plasmakügelchen entleert werden. Die weiblichen Organe (Karpogone) besitzen eine Trichogyne, an der die Spermatien hängen bleiben, diese umkleiden sich dann mit einer Haut und fusionieren mit der Trichogyne, und es kommt zur Verschmelzung des männlichen und des im untersten Teil des Karpogons liegenden weiblichen Kerns. Bei den Florideen**) folgen auf die Befruchtung des weiblichen Organs ähnliche Vorgänge wie bei den Askomyzeten: es sprießen vielzellige „sporogene" Fäden aus ihm hervor, die an ihrem Ende eine Spore entwickeln oder deren mehrere. Auf die Unterschiede, welche die sporogenen Fäden bei den verschiedenen Gruppen der Rotalgen aufweisen, kann hier nicht eingegangen werden, um so weniger, als wir dabei etwas prinzipiell Neues über die Bedeutung der Sexualität für die Fortpflanzung nicht mehr erfahren würden.

e) Karyogamie.

Der Streit um die Sexualität der Askomyzeten, von dem oben die Rede war, gilt nicht nur der Frage, ob die Askomyzeten sexuell sind oder nicht (Brefeld und seine Schule auf der einen, de Bary, Harper usw. auf der anderen Seite), —

---

*) Von großem Interesse als Übergangsformen sind die zu den Askomyzeten gestellten Laboulbeniazeen (Untersuchungen von Thaxter u. a.), deren Besprechung uns wegen ihrer komplizierten morphologischen Verhältnisse zu weit führen würde.

**) Bei den Bangiales, die man als besondere Gruppe der Rotalgen von den Florideen s. str. abgetrennt hat, bildet, wie oben bereits erörtert wurde, die befruchtete Eizelle zahlreiche Sporen, wobei das ganze Eizellenmaterial aufgebraucht wird und keinerlei sterile Elemente übrigbleiben. Die Bangiales erinnern hierin an die im 3. Abschnitt zusammengestellten Fälle, die beiden zur Verschmelzung kommenden Sexualzellen (Eizellen, Spermatien) sind freilich wesentlich anders als bei jenen.

Digitized by Google

sondern auch der weiteren, bei welcher Phase im Entwicklungsgang der askusbildenden Pilze sexuelle Vorgänge eingreifen: Dangeard hat seit Jahren oft versucht, die Befunde Harpers und anderer Forscher in abweichendem Sinne zu deuten, und gewisse Vorgänge, die unmittelbar vor der Askosporenbildung sich abspielen, als sexuelle auszulegen.

Tatsache ist, daß nicht nur in den Oogonien, deren Inhalt sich mit dem der Antheridien vereinigt hat, sondern auch in den von jenen sich ableitenden jungen Asci eine Kernverschmelzung erfolgt: die Zellen, die zu Asci werden sollen, sind anfänglich zweikernig, hiernach einkernig, später teilt sich dann ihr Kern wiederholt und leitet damit die Askosporenbildung ein. Ausnahmsweise (Peziza Stevensoniana) können auch mehr als zwei Kerne (4) in dem jungen Askus sich vereinigen. Bei Kernverschmelzungen, durch welche mehrkernige Zellen einkernig werden, spricht man von Karyogamie, d. h. „Kernbefruchtung".

In der Auslegung dieser Beobachtungen sind die Gelehrten sich keineswegs einig: ob die Fusion von zwei Kernen in ein und derselben Zelle überhaupt für einen Sexualakt gelten darf oder nicht, ob in ihr die Sexualität der Askomyzeten ihren alleinigen, einmaligen Ausdruck findet, oder ob eine zweimalige sexuelle Kernverschmelzung — im Oogonium und im jungen Askus — der Askosporenbildung vorausgehen muß, ist noch unklar und vielfach umstritten worden. Bevor wir auf die Deutungen des Phänomens eingehen, wollen wir uns über seine Verbreitung noch besser unterrichten.

Es ist von Interesse, daß auch bei anderen Pilzgruppen die Sporenbildung durch dieselbe Karyogamie eingeleitet wird wie bei den Askomyzeten. Beginnen wir mit den Ustilagineen oder Brandpilzen. Bei ihnen entsteht aus der Spore ein kurzer Myzelfaden (Promyzel) und an ihm in wechselnder Anzahl einige Konidien (Sporidien). Für diese ist es bereits bei verschiedenen Ustilagineen erwiesen worden, daß sie sich durch fusionierende Seitenzweige miteinander verbinden — ein Vorgang, den als Sexualakt zu deuten bisher kein Grund vorlag,

Digitized by Google

bis neuerdings Federley*) gezeigt hat, daß bei den Konidien von Ustilago Tragopogi pratensis die Kerne der fusionierenden Zellen miteinander verschmelzen. Es scheint hiernach die Annahme gerechtfertigt, daß auch bei den Ustilagineen echte Sexualität und insbesondere Kopulation gleichartiger Sexualzellen (Gameten) vorkommt. Nun hat schon vorher Dangeard gezeigt, daß die jugendlichen Sporen der Brandpilze, die nach Art der Gemmen in langen Reihen von dem vielzelligen Myzel gebildet werden (vgl. Fig. 26), zuerst zweikernig sind und später ihre Kerne fusionieren lassen; gerade U. Tragopogi gehört zu Dangeards Beispielen, so daß ähnlich wie bei den Askomyzeten auch hier eine zweimalige Kernfusion der Ausbildung der Sporen vorausgeht.

Fig. 26. Myzelfaden eines Brandpilzes, der sich zu Sporen (Brandsporen) umwandelt. Nach v. Tavel.

Etwas anders liegen die Dinge bei den Rostpilzen oder Uredineen. Ihre komplizierten, morphologischen Verhältnisse machen eine Besprechung ihres Entwicklungsganges notwendig. Die wichtigste unter ihnen ist die als Getreideschädigerin wohlbekannte Puccinia graminis; sie entwickelt im Herbst auf den von ihr infizierten Getreidepflanzen derbwandige „Teleutosporen", die den Winter unverändert überdauern und im Frühjahr zu einem kurzen Myzelfaden („Promyzel") auswachsen, an dessen Verzweigungen einzelne konidienartige Sporen („Sporidien") abgegliedert werden (vgl. Fig. 27 *A* u. *B*). Letztere müssen auf ein Blatt der Berberitze gelangen, wenn sie sich weiterentwickeln sollen, und auf einem solchen wachsen sie zu einem Myzel aus, das schließlich seinerseits zur Sporenbildung schreitet und vor allem die becherförmigen Sporenbehälter (Äzidien) erzeugt, die wir schon früher kurz erwähnten (S. 13, vgl. Fig. 6). Die ein-

*) Die Kopulation der Konidien bei Ustilago Tragopogi pratensis *Pers.* (Öfversf. Finska Vetensk.-Soc. Förhandl. 1903—1904, Bd. XLVI, Nr. 2).

Digitized by Google

zelnen Sporen der Äzidien keimen erst, wenn sie auf eine Getreidepflanze (oder eine andere Graminee) übertragen werden, und das Myzel, das sich von ihnen ableitet, produziert nach kurzer Zeit Uredo- oder Sommersporen, die zur schnellen Weiterverbreitung des Pilzes auf dem Getreide beitragen, und die Teleuto- oder Dauersporen, deren Schicksal wir bereits besprochen haben (vgl. hierzu Fig. 27). — Von Interesse

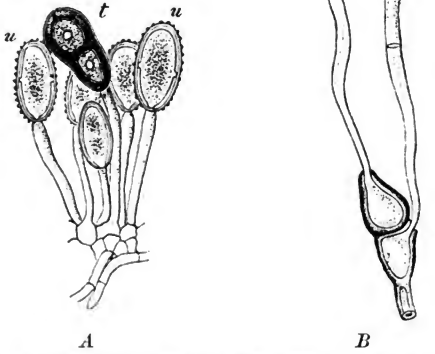


Fig. 27. Puccinia graminis, Uredo- und Teleutosporen (nach v. Tavel). *A* beide Sporenformen nebeneinander: einzellige Uredo- (*u*, *u*) und zweizellige Teleutosporen (*t*). *B* Keimung der Teleutospore (Beginn der einkernigen Generation), Promyzel, Sporidien.

ist nun das Verhalten der Kerne, das neuerdings von Blackman*) eingehend untersucht worden ist. Daß junge Teleutosporen zwei Kerne enthalten, die später miteinander verschmelzen, war schon durch frühere Untersuchungen bekannt: es erwächst aus den ein-

*) On the fertilization, alternation of generations and general cytology of the Uredineae. Ann. of Bot. Vol. XVIII, 1904, p. 323; s. auch A. H. Christman, Sexual reproduction in the vaists. Bot. Gaz. Vol. XXXIX, 1905, p. 267.

Digitized by Google

kernig gewordenen Sporen ein Myzel, dessen Zellen durchweg einkernig sind — ebenso wie das aus den Sporidien entstandene Myzel, das die Berberitze durchwuchert. Beginnt nun auf dieser die Ädidienbildung, so fusionieren stellenweise je zwei Zellen miteinander, indem der Kern der einen Zelle durch die Wand hindurch in die benachbarte andere schlüpft,*) so daß zellulare Elemente mit je zwei Kernen zustande kommen, die bei fortgesetzter Teilung der Zellen immer gleichmäßig sich weiterteilen, so daß alle Abkömmlinge der zweikernig gewordenen Zellen durchweg zwei Kerne enthalten. Fig. 28 *A* zeigt einen Teil eines Äzidiumnapfes, alle in diesem gebildete Sporen bekommen zwei Kerne mit auf den Weg. Dieselben Kernverhältnisse zeigt das aus ihnen erwachsene, in dem Getreide wuchernde Myzel, das aus lauter zweikernigen Elementen besteht, bis schließlich in der jungen Teleutospore (vgl. Fig. 28 *B*) die Verschmelzung erfolgt; die Uredosporen bleiben doppelkernig.

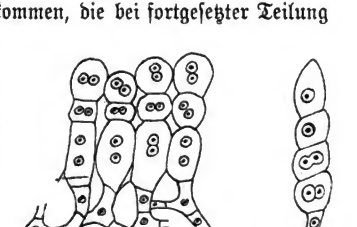


Fig. 28. Kernverhältnisse bei den Uredineen (nach Blackman). *A* einige Zellreihen mit einem jungen Äzidium (Beginn der zweikernigen Generation). *B* vielzellige Teleutospore eines Rostpilzes; unten einige zweikernige Myzelzellen, oben Fusion der Kerne. (Ende der zweikernigen Generation).

Weiterhin kommen wir zu den Basidiomyzeten: bei den Hutpilzen, die als bekannteste Vertreter der Gruppe hier genannt sein mögen, entstehen auf der Unterseite des Hutes bekanntlich radspeichenähnlich geordnete Lamellen (Champignon usw.) oder feine Röhren (Steinpilz u. a.), und in ihnen die sogenannten Basidien (vgl. Fig. 7), d. h. charakteristisch gestaltete Hyphenenden, auf welchen von kleinen Stielchen ge-

*) Dieses Phänomen des Kerndurchtritts kommt auch an Zellen vor, die mit Sporenbildung und Fortpflanzung nichts zu tun haben, und ist neuerdings an verschiedenartigen Objekten studiert worden.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF
Digitized by Google

tragen mehrere Konidien abgeschnürt werden. Auch hier geht der Sporenbildung Kernverschmelzung voraus: in den jungen Basidien liegen zwei Kerne, die sich miteinander vereinigen; das Vereinigungsprodukt teilt sich von neuem, und in jede Sporenanlage wandert ein Kern ein.*)

Bei den Konidien der Askomyzeten beobachtete neuerdings Massee**) Karyogamie.

Fragen wir uns nun, ob die geschilderten Vorgänge der Karyogamie als sexuelle zu deuten sind, so müssen wir zunächst auf den Einwurf derjenigen eingehen, nach deren Ansicht die nahe Verwandtschaft der Kerne einer Zelle es unmöglich macht, ihre Fusion als eine sexuelle anzusprechen. Hiergegen ist allerdings anzuführen, daß die in einer Zelle vereinigten Kerne keineswegs Schwesterkerne sind; bei den Uredineen sehen wir am deutlichsten, daß alle Zellen eines Myzels zweikernig sind: beide Kerne teilen sich immer gleichzeitig, wenn es zur Teilung der betreffenden Zelle kommt („konjugierte Kerne"), und jede Tochterzelle bekommt von jedem Kern die Hälfte mit auf den Weg ihrer weiteren Entwicklung. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Basidiomyzeten. — Das Kernpaar, das in einer Zelle sich vereinigt findet, hat man als „Synkaryon" bezeichnet.

Auch auf Grund anderer Erwägungen hat man der Kernverschmelzung, die der Sporenbildung vorausgeht, den sexuellen Charakter abgestritten. Eben ihrer rhythmischen Teilung wegen hat man die paarweise auftretenden Kerne als „Halbkerne" bezeichnet, denen die Fähigkeit zu selbständiger Teilung abgeht, und deren Vereinigung keine andere Bedeutung beanspruchen kann, als die Vereinigung der Chromosome in der Anaphase einer gewöhnlichen Kernteilung.

Dazu kommt, daß Kernverschmelzungen ganz ähnlicher Art neuerdings auch in vegetativen Organen verschiedener Pflanzen

*) Ausführliche Angaben über die Sporenbildung bei Maire, Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes [Thèse]. Lons-le-Saunier 1902.

**) Ann. of Bot. 1905 vol. XIX, p. 335.

Digitized by Google

ohne irgendwelche Beziehungen zur Fortpflanzung wiederholt beobachtet worden sind.*)

Daß vor allem Dangeard den sexuellen Charakter der geschilderten Kernfusionen verficht, haben wir eingangs bereits hervorgehoben, doch haben seine Darlegungen die Mehrzahl der Botaniker bisher nicht zu überzeugen vermocht. —

Aus der Algenreihe sind Erscheinungen der Karyogamie nicht bekannt. Chmielenski gibt zwar an, daß in der Zygospore von Spirogyra crassa der Kern sich zweimal teile, und daß von den dadurch entstandenen vier Kernen zwei zugrunde gehen; die anderen beiden verschmelzen miteinander und liefern den endgültigen Zygotenkern. Diese Vorgänge ähneln aber weniger den soeben für Uredineen usw. geschilderten Vorgängen der Karyogamie, als der sogenannten Autogamie gewisser Flagellaten und Protozoen, die vor und bei der Encystierung (Bildung von kapselartigen Dauerzuständen) ihren Kern teilen, von den beiden Tochterkernen gewisse Anteile abstoßen und nach diesem „Reduktionsvorgang" die beiden Kerne wieder sich vereinigen lassen.**) — Bei der Flagellate Polytoma teilt sich nicht nur der Kern, sondern auch das Plasma, die beiden

*) Literatur bei B. Němec, Über die Einwirkung des Chloralhydrates auf die Kern- und Zellteilung. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXIX, 1904, S. 645.

**) Bei dieser Gelegenheit mag der Reduktionsvorgänge, die sich bei der Keimung gewisser Desmidiazeensporen abspielen, gedacht werden. Klebahn stellte für Closterium und Cosmarium fest (Pringsheims Jahrbücher, Bd. XXII, 1890), daß aus jeder Zygospore zwei Keimlinge hervorgehen, deren jeder zwei Kerne, einen „Großkern" und einen „Kleinkern", enthält. Der Kleinkern verschwindet später, — er wird vermutlich gelöst. Bei den Diatomeen findet eine „Reduktion" vor der Kopulation statt: es entstehen Großkerne und Kleinkerne, diese werden früher oder später resorbiert, jene sind beim Sexualakt tätig (vgl. Fig. 30). Übrigens sind für diese Vorgänge auch andere Deutungen vorgeschlagen worden, die nicht mit einer Reduktion der Kernsubstanz rechnen. — Bei den Infusorien (Ciliaten, z. B. Paramaecium), die in jeder Zelle zwei Kerne führen, geht vor der Kopulation der sogenannte Hauptkern zugrunde, und von dem Nebenkern wird ebenfalls nur ein Teil bei der sexuellen Fusion verwendet.

Digitized by Google

entstandenen Tochterzellen vereinigen sich aber sogleich wieder (Pädogamie).

Mit diesen Betrachtungen dürfen wir die Besprechung der Thallophyten beschließen.

f) Homospore Archegoniaten.

Moose und Farne und mit ihnen auch die Gymnospermen faßt man als Archegoniaten zusammen, weil bei ihnen die weiblichen Organe die Form von „Archegonien" annehmen,

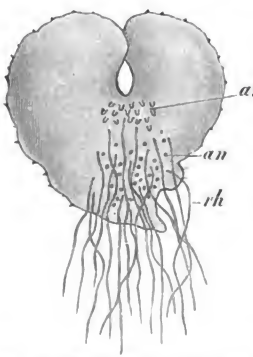


Fig. 29. Prothallium eines Farns von der Unterseite betrachtet. *ar* Archegonien, *an* Antheridien, *rh* Rhizoiden oder Wurzelhaare.
Nach Strasburgers Lehrbuch.

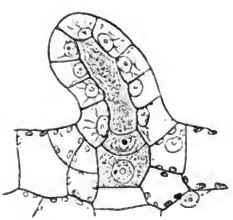


Fig. 30. Weibliches Organ (Archegonium) von Polypodium vulgare (Tüpfelfarn). Unten die Eizelle, darüber zwei Zellen, welche später sich lösen und verschleimen (Halskanalzelle und Bauchkanalzelle). Der Hals des Archegoniums ist an seinem Ende zunächst noch geschlossen, der Bauchteil ist in der Gamete des Prothalliums eingesenkt.
Nach Strasburgers Lehrbuch.

d. h. von flaschenartigen Behältern, in deren Grunde die Eizelle liegt (vgl. Fig. 29). Ihnen entsprechen als männliche Organe im allgemeinen „Antheridien" von einfacher kugliger oder keulenähnlicher Gestalt, bei welchen eine einschichtige Wandung das der Spermatozoenbildung dienende Innere umgibt (Fig. 31). Warum einige der archegonientragenden Pflanzengruppen oder der Archegoniaten als homospor besonders gekennzeichnet werden müssen, wird später zu erläutern sein.

Digitized by Google

Die Moose schließen sich ungeachtet ihrer besonderen Eigentümlichkeiten in Bau und Leben auf engste den Florideen und höheren Askomyzeten an. Wie schon bei Gelegenheit unseres historischen Rückblicks auseinanderzusetzen war, wächst bei ihnen die Eizelle des Archegoniums zu einer meist langgestielten Kapsel heran, dem sogenannten „Sporogon", das eine große Anzahl Sporen enthält. Aus den Sporen entsteht wiederum die Moospflanze, die Archegonien und Antheridien produziert. Mit anderen Worten: nach einem Befruchtungsakt entstehen sehr zahlreiche Sporen, wobei auch hier nicht das ganze Material der befruchteten Zelle in Sporenbildung aufgeht, sondern

Fig. 31. Männliche Organe und Geschlechtszellen von Polypodium vulgare (Tüpfelfarn). *A* Antheridium, dessen Inneres in zahlreiche Spermatozoen zerfällt. *B* einzelnes Spermatozoon mit zahlreichen Geißeln. Nach Strasburgers Lehrbuch.

die Zellenderivate der Eizelle zum Teil steriles Material darstellen (Stiel, Wandung der Kapsel, bei den Lebermoosen noch die zwischen den Sporen liegenden Schleuderzellen oder Elateren usf.), zum anderen Teil zu Sporen werden. Die Verhältnisse liegen also im Prinzip ebenso wie bei den höchstorganisierten Thallophyten; bemerkenswert bleibt aber der auffällige Unterschied zwischen dem grünen, archegonientragenden Teil des Moospflänzchens und dem Organ, das sich aus der befruchteten Eizelle entwickelt. Morphologisch scheint dieses gegenüber dem mit Geschlechtsorganen ausgestatteten Pflanzenteil ungleich selbständiger als die entsprechenden Teile der Florideen usw.; ernährungsphysiologisch bleibt jedoch das „Sporogon" durchaus abhängig von seiner Mutterpflanze, es wurzelt in diesem wie ein Parasit, und läßt sich von seinem Substrat

Digitized by Google

ernähren, da die eigene Assimilationstätigkeit seine Bedürfnisse nicht zu decken vermag.

Einen Schritt weiter führt die Betrachtung der Farne oder Pteridophyten.*) Bei den Moosen entstanden die Geschlechtsorgane auf der blättertragenden Pflanze oder auf dem grünen verzweigten Thallusband, das bei vielen Lebermoosen den Vegetationskörper bildet — in den Achseln der Blätter, am Ende der Triebe einzeln oder in Gruppen, oder auf besonderen Organen wie bei den Marchantiazeen. Bei den Pteridophyten haben wir die Archegonien und Antheridien auf einem unscheinbaren, meist kurzlebigen Gebilde, dem sogenannten Prothallium, zu suchen, das bei den bekanntesten Farnkräutern die Form eines herzförmigen Blättchens besitzt: auf seiner Unterseite entstehen die Geschlechtsorgane (Fig. 29): in der Nähe der Einsenkung, wo das Prothallium aus mehreren Zellenlagen besteht, stehen die Archegonien (Fig. 30), an dem einschichtigen Teil die Antheridien (Fig. 31); am Grund der ersteren liegt die Eizelle (vgl. die Figurenerklärung), in den letzteren entstehen die männlichen Zellen. Sobald die Spermatozoen die Eizelle der Archegonien befruchtet haben, erfährt diese zahlreiche Teilungen und wird zum sogenannten Embryo, an dem sich frühzeitig Anlagen zu verschiedenen Organen — Wurzel, erstem Blatt usw. — wahrnehmen lassen. Schließlich wächst der Embryo zu einem umfangreichen Gebilde heran, aber dieses ist nicht mehr ein Anhängsel des archegonientragenden Teils der Pflanze, sondern macht sich in Form und Ernährung selbständig von diesem. Der aus der Eizelle erwachsende Teil wird zum wedeltragenden Farn, der sich als bewurzelte, assimilierende Pflanze selbst ernährt. Zur Sporenbildung kommt es oft erst spät, zuweilen erst an mehrjährig gewordenen Pflanzen: bei den bekanntesten Formen der Farne sehen wir auf der Unterseite der Blätter dunkle Gruppen von Kapseln (Sporangien) auftreten, die eine Menge Sporen enthalten.

*) Zu den Pteridophyten oder Farnen (im weiteren Sinne des Wortes) gehören die Farnkräuter, Schachtelhalme und Bärlappgewächse

Digitized by Google

Die prinzipiellen Unterschiede zwischen Moosen und Farnen, soweit sie für unsere Fragen in Betracht kommen, bestehen darin, daß erstens der von der befruchteten Zelle sich ableitende Teil selbständig wird und als besondere „Generation" (sporentragende Generation oder Sporophyt) von dem geschlechtlichen Teil der Pflanze (dem Gametophyten) sich trennt und diesen an Größe und Lebensdauer weit übertrifft. Denn der Sporophyt — und damit kommen wir zu dem zweiten wichtigen Punkt — ist ein perennierendes Gewächs, das jahraus, jahrein unter Umständen Dezennien hindurch eine ungeheure Menge von Sporen auf zahlreichen Wedeln produziert, — nachdem ein einmaliger Befruchtungsakt seine Entstehung und ganze Wachstumstätigkeit eingeleitet hat.*)

*) Die Bezeichnungen „Sporophyt" und „Gametophyt" (Strasburger führte den Ausdruck „Gameten" für Geschlechtszellen jeder Art ein) sind auch für die entsprechenden Teile der Moospflanze, auch für die der Florideen und Askomyzeten anwendbar, wenn man den Nachdruck nicht auf die Selbständigkeit der als verschiedene „Generationen" nacheinander sich entwickelnden Gebilde legt. Der Wechsel zwischen einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen Generation, wie er für die Farne charakteristisch ist, tritt bei den im System tiefer stehenden Pflanzengruppen nur ausnahmsweise auf. Die Grünalge Coleochaete bildet Oosporen, aus welchen kleine Zellplatten erwachsen; diese produzieren Schwärmsporen und entsprechen insofern dem „Sporophyten"; die Schwärmsporen wachsen zu verzweigten, vielzelligen Fäden, also zu der „typischen" Coleochaete-Form aus. Ferner: aus den Produkten der Gametenkopulation bei Cutleria (s. o. S. 42) wachsen Algen hervor, die den Cutlerien durchaus ungleich und früher einer selbständigen Gattung Aglaozonia zugerechnet worden sind; die Aglaozonien spielen die Rolle der Sporophyten und produzieren ungeschlechtliche Schwärmer, aus welchen Cutlerien hervorgehen. Jedoch sind die Verhältnisse noch nicht genügend geklärt, als daß man diesen „Generationswechsel" mit dem der Farne unbedenklich vergleichen könnte (vgl. Oltmanns' zitiertes Algenwerk). Ähnlicher Art sind die Bedenken, die einer gleichen Deutung der Rostpilzentwicklung, über deren Teleutosporen, Azidien usw. oben (S. 57) berichtet wurde, im Wege stehen. — (Vgl. im übrigen Klebs, Über den Generationswechsel der Thallophyten, Biol. Zbl. 1899, Bd. XIX, S. 209, und Strasburger, Zur Frage eines Generationswechsels bei Phäophyzeen, Bot. Zeitg. 1906, Bd. LXIV, 2. Abt., S. 1.)

Digitized by Google

Die Charakteristik der beiden Generationen ist aber mit den angeführten morphologischen Eigentümlichkeiten noch nicht erschöpft; auch die einzelnen Zellen, welche die Moospflanze, die Sporenkapsel der Moose oder bei den Farnen das Prothallium und die Wedel zusammensetzen, sind durch bestimmte Strukturverhältnisse voneinander unterschieden. Wir sprachen oben bereits von den Chromosomen, d. h. den faden- oder schlingenförmigen, leicht färbbaren Chromatinteilen der Zellenkerne, die bei bestimmten Tier- und Pflanzenspezies in konstanter oder nahezu konstanter Anzahl sich immer wieder finden, wenn der Kern zur Teilung sich anschickt. Vergleichen wir nun die Kerne der Moospflanze und die der Mooskapsel auf ihre Chromosome hin miteinander, so stellt sich heraus, daß die Zellen desjenigen Pflanzenteils, der die Geschlechtsorgane trägt, nur halb so viele Chromosome enthalten, wie die Zellen, die sich von dem befruchteten Ei ableiten und das sporenragende Gebilde aufbauen helfen. Ebenso bei den Farnen: die geschlechtliche Generation ist einfachchromosomig, die befruchtete Eizelle, deren Kern durch Verschmelzung eines weiblichen und eines männlichen Anteils zustande gekommen ist, und alle später gebildeten, von ihr sich ableitenden Zellen, welche die ungeschlechtliche Generation aufbauen, sind doppeltchromosomig.*)

f) Heterospore Archegoniaten.

Blicken wir noch einmal auf die bereits erledigten Pflanzengruppen zurück, so finden wir den Wandel, der sich in ihrer Sexualität und Fortpflanzungsweise vollzieht, dadurch gekennzeichnet, daß einmal bei den niederen Formen die Homosexualität durch die Heterosexualität ersetzt wird, und ferner ein einmaliger Befruchtungsakt zur Bildung einer immer größeren

*) Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse hat Strasburger den Gametophyten auch als Haploid bezeichnet, den Sporophyten als Diploid, um Ausdrücke zu schaffen, die nicht nur auf pflanzliche Objekte anwendbar sind.

Digitized by Google

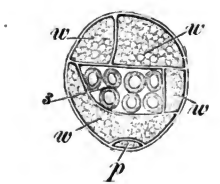
Anzahl von Sporen Anlaß gibt, deren Produktion bei den perennierenden Farnkräutern schließlich ins Unendliche wächst. Der nächste „Fortschritt" in den Erscheinungen der geschlechtlichen Vermehrung bringt etwas völlig Neues: die sog. Heterosporie, d. h. einen Qualitätsunterschied unter den vielen Sporen, die der Sporophyt produziert; enthielten die Mooskapseln nur eine Art von Sporen, und ebenso die Sporangien der bisher besprochenen Pteridophyten (Farne), so tragen die Wasserfarne, die Selaginellen und einige andere nahestehende Gruppen zweierlei Sporangien und zweierlei Sporen; in den „Makrosporangien" liegt eine beschränkte Anzahl großer Sporen („Makrosporen"), in den „Mikrosporangien" eine große Menge kleiner Sporen („Mikrosporen").

Bevor wir auf die Bedeutung dieses Unterschieds näher eingehen, müssen wir noch einmal auf die homosporen Archegoniaten zurückgreifen: welcher Art ist bei ihnen die Verteilung des männlichen und weiblichen Geschlechts? Der einfachste Fall liegt offenbar dann vor, wenn ein und derselbe Gametophyt Archegonien und Antheridien trägt, wie z. B. bei Aspidium filix mas, bei Polypodium vulgare und so vielen anderen einheimischen Farnkräutern. Die Spitze des herzförmigen Prothalliums entwickelt unterseits die Antheridien, während die Archegonien am andern Ende in der Nähe der Einkerbung entstehen. Beispiele für den entgegengesetzten Fall liefern Lebermoose, wie Marchantia, Lunularia usf.; manche Gametophytenexemplare liefern alljährlich nur Archegonien, andere nur Antheridien. Es gibt also bei ihnen Gametophyten verschiedener Art, obwohl der Sporophyt nur einerlei Sporen produziert. Sind nun die Sporen nur formal einander gleich, physiologisch aber einander ungleichwertig, indem das Geschlecht des zukünftigen Gametophyten in ihnen schon irgendwie bestimmt ist, auch wenn wir zunächst nichts davon wahrnehmen können, — oder sind die Sporen auch physiologisch einander gleich, und entscheiden erst die Bedingungen, die vor oder bei der Keimung auf sie einwirken, darüber, ob männliche oder weibliche Exemplare aus ihnen werden sollen? Die Frage ist noch nicht gelöst.

Digitized by Google

Bei den Wasserfarnen und den andern Pteridophytengruppen, die als heterospor zu bezeichnen sind, liegen die Verhältnisse viel klarer: Archegonien und Antheridien entstehen stets auf verschiedenen Prothallien oder Gametophyten, die männlichen und weiblichen Prothallien sind in ihrem Habitus auffallend verschieden und entstehen aus Sporen verschiedener Art: die antheridientragenden aus den Mikrosporen, die archegonientragenden aus den Makrosporen.

Neben diesem prinzipiellen Unterschied, der die heterosporen Archegoniaten von den homosporen trennt,



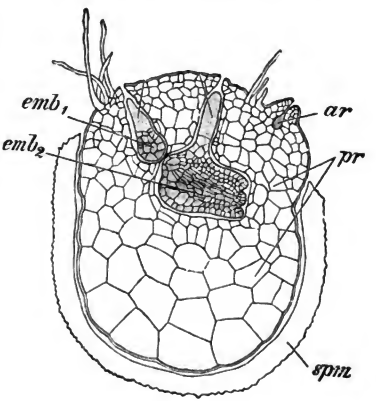


Fig. 32. Prothalliumbildung bei heterosporen Archegoniaten.

A Prothallium von Selaginella stolonifera mit einem Antheridium. *w* Wandzellen, *s* Spermatozoen, *p* unentwickelte Rhizoidzelle. — *B* Prothallium von Selaginella Martensii. *spm* Membran der Makrospore, *or* Prothalliumgewebe, *ar* unbefruchtetes Archegonium, *emb* 1 u. 2 Embryonen. Nach Strasburgers Lehrbuch.

ist noch ein gradueller zu verzeichnen: bei den Moosen ist der Gametophyt eine stattliche, oft jahrelang vegetierende Pflanze, bei den homosporen Farnen ein meist kurzlebiges, unscheinbares Gebilde; bei den heterosporen geht die Reduktion der Gametophyten noch weiter, und als Prothallium haben wir bei ihnen nur noch einen kleinen Gewebehöcker anzusprechen, der aus der Makrospore sich entwickelt, oder einen winzigen Zellenkörper, zu dem die Mikrospore durch wenige Zellteilungen wird, und der zum größten Teil bei der Antheridien- und Spermatozoenproduktion

Digitized by Google

aufgebraucht wird. Bei vielen heterosporen Formen sind die Zellteilungen, die von der Spore zum fruchtbaren Prothallium führen, überhaupt mit keinem Wachstum verbunden, und es handelt sich nur noch um eine mehrfache Septierung des Sporeninneren: das Prothallium bleibt ganz und gar von der Sporenhaut bedeckt. Fig. 32 veranschaulicht diese Reduktion der Gametophyten, man vergleiche die Figurenerklärung. —

Archegonien finden sich keinegwegs nur bei Kryptogamen, sondern auch bei den niederen Phanerogamen, den Gymnospermen, so daß auch diese mit Recht zu den Archegoniaten gezählt werden. Ihre Sporenbildung folgt dem Typus der heterosporen Archegoniaten; gleichwohl trennt sie von den bisher behandelten Kryptogamen manch wichtiger, neuer Zug, wir wollen ihnen daher lieber einen besonderen Abschnitt einräumen.

g) Gymnospermen.

Mit der Besprechung der Gymnospermen betreten wir eine neue Formenwelt: statt der bisher behandelten Sporenpflanzen werden uns Samenpflanzen beschäftigen, d. h. Pflanzen, deren Fortpflanzungskörper nicht mehr einzellige oder wenigzellige Sporen sind, sondern komplizierte große Gebilde, die in ihrem Innern die Anlage der zukünftigen Pflanze, den Embryo, bergen. Die Befruchtung wird nicht mehr vermittelt durch bewegliche Spermatozoen, sondern, wie wir sehen werden, durch Pollenschläuche, die durch Wachstumsbewegung den Eizellen sich nähern.

Der Abstand zwischen Kryptogamen und Phanerogamen, Sporen- und Samenpflanzen, scheint hiernach auf den ersten Blick sehr beträchtlich, — größer als er in Wirklichkeit ist. Wir werden sehen, daß bei beiden Gruppen alle wesentlichen Vorgänge in gleicher Weise sich abspielen, und die prinzipiellen Unterschiede zwischen beiden sich auf eine einfache Formel bringen lassen.

Die Übereinstimmung zwischen den Gymnospermen und den heterosporen Kryptogamen wird vielleicht dadurch maskiert

Digitized by Google

daß bei jenen noch mehr als bei den Wasserfarnen usw. die geschlechtliche Generation reduziert wird. Die sogenannten Samenanlagen, die wir auf den Schuppen der weiblichen Blüten der Fichte usw. finden (vgl. Fig. 33), ist aufzufassen als ein Makrosporangium, das in seinem Inneren eine einzige Makrospore einschließt. Die Morphologie der Phanerogamen benennt die Organe freilich anders; sie nennt die Makrospore Embryosack und das Gewebe, in welcher dieser eingebettet liegt, und das wir als Sporangiumwand deuten müssen, bezeichnet sie als Nucellus. Verfolgen wir das Schicksal der Makrospore, so sehen wir bei ihr ebenso, wie bei den entsprechenden Gebilden von Selaginella u. a. das Innere der Spore vielzellig werden; am oberen Teil des die Spore bildenden Gewebes wachsen einige Zellen besonders stark heran und werden zu Archegonien (vgl. die Abbildung), Gebilden mit großer Eizelle und kurzem Halsteil. Es besteht kein Zweifel, daß das Gewebe, in welchem die Archegonien liegen, dem Prothallium der Kryptogamen gleichwertig ist; — in der Morphologie wird es als Endosperm bezeichnet. — Von untergeordneter Bedeutung ist

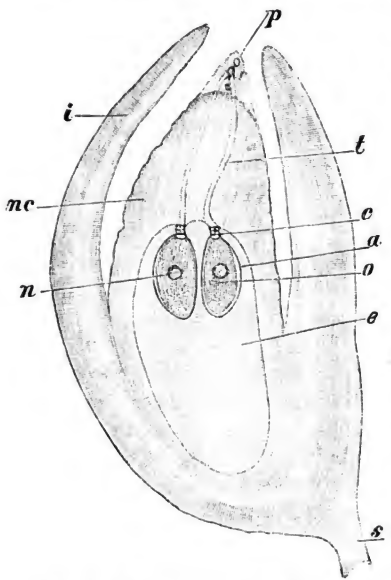


Fig. 33. Makrosporangium einer Gymnosperme (Picea vulgaris, Fichte; nach Strasburgers Lehrbuch) mit einer Makrospore (*e*), die bereits ein Prothalliumgewebe entwickelt hat. Die einzelnen Zellen des letzteren sind nicht dargestellt, — dieser Teil des Bildes würde dann etwa der Fig. 32 *B* entsprechen —, nur zwei Archegonien (*o*) sind gezeichnet (*o* Eizelle, *c* Halsteil der Archegonien, *n* Eikern). *nc* Nucellus (Knospenkern) als Sporangiumwand aufzufassen; *p* Pollenkörner, *t* Pollenschläuche; *i* Integument

Digitized by Google

die Hülle, das „Integument", das die Samenknospe umgibt (Fig. 33).

Die Schuppen, welche die männlichen Koniferenblüten zusammensetzen, tragen bekanntlich keine Samenanlagen, sondern sog. Pollensäcke, deren Analogie mit den Mikrosporangien wir leicht erraten; die in ihnen entstehenden Pollenkörner sind die Mikrosporen. Sie werden durch den Wind zu den weiblichen Blüten übertragen und einige von ihnen gelangen auf den Nucellus, auf dem sie keimen, und zur Prothalliumbildung übergehen. Diese besteht ausschließlich darin, daß im Pollenkorn durch eine uhrglasartig gekrümmte Querwand eine kleine linsenförmige Zelle abgetrennt wird. Diese stellt die Anlage des Antheridiums dar, der Rest des Pollenkorns den vegetativen Teil des Prothalliums. Die Antheridiumanlage, die bei manchen Gymnospermen noch einige weitere sterile Zellen von sich abspalten kann, wächst zu einem langen Schlauch, dem bekannten Pollenschlauch aus, der in sich zwei Samenkerne (Spermakerne) entwickelt. Die Pollenschläuche wachsen durch das Gewebe des Nucellus auf die Archegonien der weiblichen Prothallien los und öffnen sich vor ihnen, so daß die beiden Spermazellen zur Befruchtung der Eizellen frei werden. Nach der Befruchtung entsteht, wie bei den Moosen und Farnen, der Embryo, der sich, wie bekannt, zu einer stattlichen selbständigen Pflanze entwickeln kann. Die Übereinstimmung der Gymnospermen mit den höheren Kryptogamen geht so weit, daß wenigstens bei einigen von jenen die Befruchtung durch frei bewegliche, spermazoenartige Gebilde besorgt wird; an der Spitze des Pollenschlauches entstehen bei Cycas und Ginkgo zwei auffallend große, mit vielen kurzen Cilien ausgestattete Spermatozoen. Bei den anderen treten, soweit bekannt ist, unbewegliche Sexualkerne nebst zugehörigem Plasma aus dem Pollenschlauche aus.

Die bisher erläuterten Züge in der Fortpflanzung der Gymnospermen zeigen, daß sie den heterosporen Farnen nahe verwandt sind; was sie von diesen unterscheidet, ist vor allem die Erscheinung der Samenbildung. Die Entwicklung eines

Digitized by Google

Mooses oder eines Farnkrautes läßt sich in ihren verschiedenen Phasen folgendermaßen veranschaulichen: es folgen auf die Keimung der Spore

Bildung des Gametophyten,
Bildung der Archegonien und Antheridien,
Befruchtung der Eizelle,
Embryobildung,

Ph.

Entwicklung des Sporophyten,
Sporangien- und Sporenbildung,

Kr.

Keimung der Sporen,
Entstehung des Gametophyten usw.,

wobei nach der Sporenbildung eine Cäsur (bei Kr.) den Entwicklungsgang der Kryptogamen unterbricht; die Sporen sind dauerfähig und können mehr oder minder lange Zeit ruhen, bis durch ihre Keimung die Entwicklung wieder aufgenommen wird. Bei den Gymnospermen und, wie wir vorwegnehmen dürfen, bei den Samenpflanzen überhaupt, folgen die einzelnen Phasen einander ebenso, wie wir es soeben für die Kryptogamen angegeben haben, aber die Cäsur fällt hinter die Embryobildung (bei Ph.), bei den Samenpflanzen ist es der Embryo, welcher lange Zeit, jahre- und jahrzehntelang, ruhen und damit den skizzierten Entwicklungsgang unterbrechen kann. Seine Dauerfähigkeit wird ihm durch die Umhüllung mit der sog. Samenschale gesichert; sie ist ein Abkömmling des oder der Integumente (vgl. Fig. 33), die an dem Makrosporangium als besondere Hüllblätter sichtbar sind.

Die Samenbildung ist der erste und wichtigste neue Charakter, der uns bei den Gymnospermen begegnet. Nach ihm ist die Erscheinung der sog. Polyembryonie zu besprechen, d. h. die Fähigkeit einer Eizelle, mehr als einem Embryo den Ursprung zu geben. Wir haben vorhin bei der Behandlung der Archegonien und der befruchteten Eizellen die ersten Vorgänge der Embryobildung noch nicht genau genug geschildert.

Digitized by Google

Bevor ein deutlich differenzierter Embryo zustande kommt, bemerken wir am Grund der Archegonien ein aus mehreren Zellenetagen zusammengesetztes Gewebe, von welchem die unterste Zellenlage durch starkes Wachstum der darüber liegenden schließlich in das umgebende Endosperm (oder Prothalliumgewebe) hineingestoßen wird. Jede von ihnen ist befähigt, zu einem Embryo sich auszubilden, allerdings erreicht in Wirklichkeit immer nur eine ihr Ziel, die anderen gehen zugrunde. Die hier gegebene Schilderung bezieht sich auf Picea, andere Gymnospermen verhalten sich anders, doch im Prinzip ähnlich.

Wir unterlassen es, diese und andere Unterschiede der verschiedenen Gymnospermengattungen zu schildern, nur auf Gnetum, die höchstentwickelte und phylogenetisch jüngste der Gymnospermen, müssen wir näher eingehen, weil sie uns den Übergang zu den Angiospermen zu veranschaulichen vermag.*) Im Embryosack von Gnetum erscheinen keine Archegonien mehr, sondern nur ein mit zahlreichen Kernen ausgestatteter Plasmabelag, neben dem sich bei Gnetum Gnemon im basalen Teil eine Gruppe von Prothalliumzellen noch findet. Die im Plasmabelag eingebetteten Kerne haben die Bedeutung von Eikernen, und können durch die beiden Spermakerne der Pollenschläuche zu mehreren befruchtet werden. Nach der Befruchtung erkennt man, daß den Eikernen noch eine zweite Fähigkeit zukommt; die unbefruchtet gebliebenen teilen sich und führen zur Endospermbildung. Somit handelt es sich bei Gnetum um eine „fraktionierte Endospermbildung"**): vor der Befruchtung füllt sich (Gn. Gnemon) der untere Teil des Embryosacks, nach der Befruchtung, wenn die Entwicklung eines Embryos sicher gestellt

*) Vergl. besonders Karsten, Zur Entwicklungsgeschichte der Gattung Gnetum (Cohns Beitr. z. Biol. d. Pfl., 1893, Bd. VI) und: Entwicklung der weiblichen Blüten bei einigen Juglandazeen (Flora, 1902, S. 316). Daselbst weitere Literaturangaben.

**) Strasburger, Einige Bemerkungen zur Frage nach der „doppelten Befruchtung" bei den Angiospermen (Bot. Zeitg., 1900, Abt. II, S. 18.

Digitized by Google

ist, auch der obere Teil mit Endosperm. — Selbst wenn viele Eikerne befruchtet werden, kommt auch hier schließlich doch nur eine Anlage zur vollen Entwicklung.

i) Angiospermen.

Der Unterschied zwischen Gymnospermen und Angiospermen, den die Lehrbücher hervorheben, besteht darin, daß bei den Gymnospermen die Samen nackt sind, d. h. unbedeckt auf einer Schuppe oder einem anders gestalteten Blatt liegen, während bei den Angiospermen die mit Samenanlagen ausgestatteten Blätter (Fruchtblätter) ihre Ränder derart verwachsen lassen, daß ein geschlossenes Gehäuse entsteht, der sog. Fruchtknoten. Dieser für die Morphologie so wichtige Unterschied ist für unsere Betrachtungsweise belanglos; wir werden nach anderen Merkmalen suchen müssen.

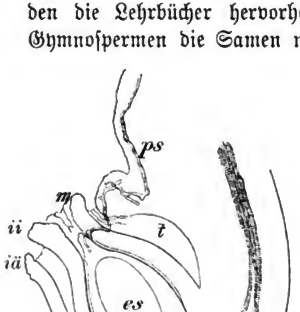


Fig. 34.
Samenanlage von Ulmus pedunculata. *es* Embryosack, ihn umgeben das Nucellusgewebe und zwei Integumente (äußeres Integument *iä* u. inneres Integument *ii*; dasselbe auf der anderen Seite über und unter *t*), *t* taschenförmige Höhlung zwischen den Integumenten; die Öffnung, welche sie freilassen, heißt Mikropyle (*m*). *ps* Pollenschlauch, rechts sind einige Gefäße sichtbar, der an ihr Ende sich anschließende Gewebsteil ist die „Chalaza" (*ch*). — Nach Nawaschin.

Vergleichen wir beide Gruppen miteinander auf die Bildung ihrer Sporangien hin, ihrer Sporen, Prothallien und Geschlechtsorgane, so finden wir: die Samenbildung wird beibehalten, die Reduktion der Prothallien bei den Angiospermen noch weiter fortgeführt, neu hinzu tritt ein merkwürdiger Vorgang bei der Bildung des sogenannten Endosperms.

Fig. 34 stellt die Samenknospe einer angiospermen Pflanze dar. Die Umhüllung mit den Integumenten (diesmal sind es deren zwei), der Besitz eines Nucellus und die Entwicklung des

Digitized by Google

Embryosacks in diesem gleicht den entsprechenden Merkmalen bei den Gymnospermen. Das Prothallium aber, das sich von der Makrospore (d. h. dem Embryosacke) ableitet, erinnert kaum noch an die entsprechenden Gebilde der Kryptogamen. Man vergleiche Fig. 35, die den Embryosack der Lilie nach der Prothalliumentwicklung veranschaulicht. Der Kern des Embryosacks hat sich geteilt, — mehrmals, so daß schließlich acht Kerne in seinem Innern liegen. Vier befinden sich am oberen, vier am unteren Ende des Embryosacks, bis später von jeder Gruppe einer nach dem Zentrum wandert. Die obere Gruppe von drei Kernen, d. h. diejenige, welche der Mikropyle der Samenknospe (vgl. Fig. 34 *m*) nahe liegt, bildet mit dem zugehörigen Protoplasma den sog. Eiapparat, die am gegenüberliegenden Ende postierten Zellen heißen Gegenfüßlerinnen oder Antipoden, die in der Mitte liegenden kann man als Endospermkerne bezeichnen. Die Zellen, welche den Eiapparat zusammensetzen, sind einander nicht völlig gleichwertig, nur eine von ihnen wird befruchtet, und stellt die eigentliche Eizelle dar, die anderen beiden, die man Gehilfinnen nennt, gehen zugrunde, nachdem sie beim Befruchtungsprozeß vielleicht irgendwie mitgewirkt haben. Alle drei dürfen wir uns als stark reduzierte Archegonien vorstellen, von welchen nur das Wesentliche, die Eizellen, noch geblieben ist, und von welchen nur eins wirklich befruchtungsfähig ist. Die Gegenfüßlerinnen sind der letzte kümmerliche Rest des sterilen Prothalliumteiles, — bei dem von uns gewählten Beispiele sind nur noch drei Zellen vorhanden (Lilium usw.), bei manchen anderen Pflanzen, z. B. den Gramineen, ist ihre Zahl erheblich größer. Was für eine besondere

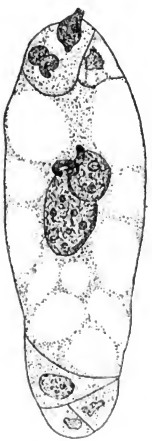


Fig. 35.
Embryosack von Lilium Martagon. Oben Eiapparat: zu der Eizelle links ist bereits ein (generativer) Zellkern aus dem Pollenschlauch (*ps*) getreten. Unten die „Antipoden". In der Mitte zwei Embryosackkerne und ein Pollenschlauchkern kurz vor der Vereinigung.
Nach Guignard.

Digitized by Google

Rolle die im Zentrum des Embryosacks liegenden beiden Kerne spielen, wird uns erst klar werden, wenn wir das Schicksal des Pollenschlauchinhalts näher verfolgen.

Die Mikrosporangien sind morphologisch bei den Angiospermen zwar wesentlich anders, als bei den meisten Gymnospermen, das Schicksal ihres Inhalts aber im großen und ganzen dasselbe wie bei diesen. Bei den Gymnospermen kommen in der Mikrospore oder dem Pollenkorn noch eine oder mehrere sterile Zellen neben dem Antheridium zur Ausbildung; bei den Angiospermen hingegen wird der sterile Teil des männlichen Prothalliums nur noch durch einen einzigen, plasmaumhüllten Zellenkern repräsentiert, den sog. vegetativen Kern, über dessen Lage Fig. 36 *A* Aufschluß gibt. Von Querwänden ist also bei der Prothalliumbildung nichts mehr zu bemerken. Der fertile Teil besteht zunächst ebenfalls nur aus einem plasmaumhüllten Zellenkern (generativem Kern), der sich später im Pollenschlauch teilt und damit die beiden Sexualkerne liefert (vgl. Fig. 36 *B* u. *C*). Bewegliche, spermatozoenartige Gebilde scheinen den Angiospermen durchaus zu fehlen.

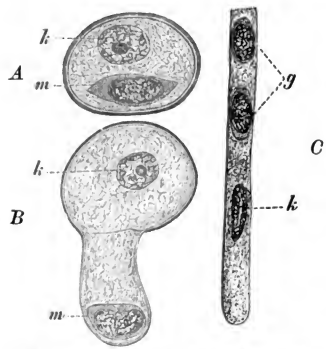


Fig. 36. Pollenkorn und Pollenschlauch der Türkenbundlilie (Lilium Martagon). *A* Pollenkorn mit vegetativem (*k*) und generativem Zellkern (*m*). *B* Beginn der Pollenschlauchbildung. *C* Spitze des Pollenschlauchs in einem weiteren Entwicklungsstadium. Der generative Kern hat sich geteilt (*gg*), der vegetative (*k*) hat beide generativen überholt und liegt an der Spitze des Pollenschlauchs.
Nach Guignard.

Wenn die Pollenkörner auf die Narbe gelangen, d. h. auf den obersten Teil der Fruchtblätter, so beginnt die Prothalliumbildung, und es entsteht ein langer Schlauch, der das Gewebe des meist soliden Griffels durchwächst und in der Höhlung des Fruchtknotens, besonderen Leitbahnen folgend, schließlich an die Mikropyle gelangt. In anderen Fällen zieht es der Pollen-

Digitized by Google

schlauch vor, den ganzen Weg im Innern des Fruchtknotengewebes zurückzulegen und die Integumente usw. zu durchbohren, wie es Fig. 34 zeigt. Ist der Pollenschlauch am Ziele, so werden die beiden Sexualkerne frei und dringen in den Embryosack vor. Es war eine große Überraschung für die Fachgelehrten, als vor kurzer Zeit Nawaschin und Guignard den Nachweis erbrachten, daß einer der beiden Sexualkerne sich mit dem Eikern vereinigt und dadurch die Bildung des Embryos anregt, und der andere mit den beiden Endospermkernen verschmilzt.*) In Fig. 35 sind beide männliche Kerne als schraubig gedrehte Gebilde sichtbar: der eine oben neben dem Eikern, der andere bei den Endospermkernen in der Mitte des Embryosackes. Von dem Produkt dieser zweiten Fusion leitet sich durch zahlreiche nachfolgende Kernteilungen das Endosperm ab.**) Man spricht seitdem von einer doppelten Befruchtung der Angiospermen. Wie es scheint, gleichen diese Vorgänge einigermaßen den für Gnetum oben geschilderten Verhältnissen, nur daß bei den Angiospermen auch die Endospermbildung erst durch Vereinigung des Ausgangsmaterials mit einem männlichen Sexualkern angeregt wird.

Die doppelte Befruchtung durch welche ein männlicher Anteil nicht nur in den Embryo, sondern auch in das Endosperm gelangt, macht es verständlich, daß bei manchen Bastardierungen der Same väterliche Charaktere auch am Endosperm aufweist. Gebilde dieser Art, die sog. Xenien, waren schon lange bekannt, ihre Entstehung aber ist erst durch die neuen Untersuchungen völlig geklärt worden. —

*) Nawaschin, Resultate einer Revision des Befruchtungsvorganges bei Lilium Martagon und Fritillaria tenella. (Bull. Acad. imp. Sc. St. Petersbourg T. IX. 1898); Guignard, Sur les anthérozoides et la double copulation chez les végétaux angiospermes. (Compt. rend. Paris 1899.)

**) Als Endosperm bezeichnet man somit bei Gymnospermen und Angiospermen ungleichwertige Gewebsanteile. Das Endosperm der Gymnospermen entspricht dem Gewebe der archegonientragenden Prothallien, das Endosperm der Angiospermen ist etwas Neues, zu dem ein kryptogamisches Analogon fehlt.

Digitized by Google

Mit den Angiospermen haben wir die höchst organisierte Gruppe des Pflanzenreichs erledigt: innerhalb derselben finden sich bei ihren zahlreichen Angehörigen keine prinzipiellen Unterschiede in Bau und Funktion der Geschlechtsorgane. Wir schließen unsere Betrachtungen, indem wir noch einmal konstatieren, daß der Gegensatz von Gameto- und Sporophyten, der bei den Askomyzeten zum erstenmal zur Regel wurde, auch bei den Phanerogamen und Angiospermen noch festgehalten wird. Die Beziehungen der beiden Anteile oder „Generationen" zueinander sind freilich bei ihnen nicht mehr dieselben wie bei den Kryptogamen: die Sporophyten hören auf, ein unscheinbares Glied der Pflanze zu sein, sie übernehmen die führende Rolle und machen sich ganz und gar selbständig; umgekehrt geraten die Gametophyten, die bei den niederen Pflanzen der vorherrschende Teil waren, in die ernährungsphysiologische Abhängigkeit vom Sporophyten, und verbergen sich schließlich ganz und gar in diesem in Form von Embryosäcken und Pollenschläuchen. Die Kennzeichen, welche in der Ausstattung ihrer Kerne mit Chromosomen liegen, werden jedoch unverändert beibehalten: in den Gametophyten erscheint die Zahl der Chromosome stets auf die Hälfte reduziert, und durch die Befruchtung entstehen Kerne mit voller Chromosomenzahl, die erst bei der Bildung der „Makro-" und „Mikrosporen" wieder eine Reduktion erfährt.

3. Allgemeine Fragen. — Besondere Fälle.

Die soeben geschilderten Sexualvorgänge und Beziehungen zwischen sexueller Fusion und Sporenbildung dürfen als die Regel für die betreffenden Pflanzengruppen gelten. Zu erledigen bleibt die Frage, ob diese „Regel" auch Ausnahmen gestattet, und ob innerhalb der großen Gruppen des Pflanzenreichs noch Unterschiede in der sexuellen Betätigung, die unser Interesse verdienen, sich erkennen lassen. Mit der Behandlung einiger besonderer Fälle wird sich zweckmäßig noch die Diskussion über manche allgemeine Fragen verbinden lassen, nachdem uns die Durchsicht des ganzen Pflanzenreichs auf sexuelle Vorgänge

Digitized by Google

hin mit den nötigen Formkenntnissen ausgestattet hat. Für beide Aufgaben wird es unerläßlich sein, manche Erscheinungen der tierischen Sexualität zum Vergleich heranzuziehen.

a) Sexuelle Affinität.

Unter „sexueller Affinität" versteht O. Hertwig*) „Wechselwirkungen, welche befruchtungsbedürftige Zellen verwandter Art aufeinander ausüben in der Weise, daß sie, in bestimmte Nähe zueinander gebracht, sich anziehen, sich verbinden und in eins verschmelzen."

Zunächst bedarf es einer Erklärung dafür, daß in der Natur immer zusammengehörige Sexualzellen sich treffen und vereinigen, und wie überhaupt in der Fülle von verschiedenen Arten, die im Walde oder auf dem Meeresboden nebeneinander ihr Fortkommen finden, zusammengehörige Geschlechtszellen sich finden. Wir wissen — vornehmlich aus den klassischen Untersuchungen von Pfeffer —, daß von den Geschlechtszellen spezifische chemische Stoffe ausgeschieden werden, und die Bewegung schwärmender Geschlechtszellen durch diese Stoffe in ihrer Richtung beeinflußt wird. Besonders eingehende Untersuchungen sind über die Bewegungen der Spermatozoen aus verschiedenen Archegoniatengruppen angestellt worden: so wie die Chemotaxis der Saprolegniazoosporen (s. o. S. 16) diese zu Orten führt, wo für ihre Ernährung gut gesorgt ist, ebenso werden die Spermatozoen der Moose, der Farne usw. von den Stoffen angezogen, die von den zugehörigen Archegonien ausgeschieden werden. Bei den Farnen handelt es sich dabei um Äpfelsäure, bei den Lebermoosen um Eiweißverbindungen, bei den Laubmoosen um Rohrzucker**).

*) Allgemeine Biologie, Jena 1906, S. 329.

**) Von den neueren Arbeiten hierüber vgl. besonders Lidforß, Über die Reizbewegungen der Marchantiaspermatozoiden (Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, Bd. XLI, S. 65), und Shibata, Studien über die Chemotaxis der Isoetesspermatozoiden (ebd., Bd. XLI, S. 561) und die daselbst zitierte ältere Literatur. — Es besteht kein Zweifel, daß auch

Digitized by Google

Chemotaktische Reize führen die Spermatozoen von Fucus usw. zu den ruhenden Eizellen gleicher Spezies und zweifellos sind auch bei der Vereinigung von Gameten ähnliche Beziehungen im Spiele.

Chemische Stoffe sind es ferner auch, die bei der Kopulation ruhender Gameten die der Vereinigung vorausgehenden Wachstumsvorgänge bestimmen: wenn gegenüberliegende Zellen von Spirogyra Kopulationsschläuche heranwachsen lassen, derart, daß beide sich treffen — oder wenn bei den Zygomyzeten einander nahe liegende oder sich berührende Myzeläste zu sexuell veranlagten Zweigen auswachsen, so handelt es sich zweifellos um chemische Stoffe, welche spezifische Wachstumsvorgänge veranlassen und das Wachstum in seiner Richtung beeinflussen. Die Beziehungen zwischen chemischen Reizwirkungen und Sexualität gehen aber vielleicht noch weiter; so hat de Bary die Vermutung ausgesprochen, daß von den Oogonien der Saprolegniazeen ein Stoff ausgeschieden wird, der die Bildung von Antheridien in ihrer Nähe anregt.

Chemische Stoffe sind ferner auch bei den höchsten Gewächsen im Spiele, wenn statt männlicher Spermatozoen ganze Prothallien in Form von Pollenschläuchen zu ihrem Ziele geleitet werden sollen: die wachsende Spitze des Pollenschlauches wird auf ihrem Wege von der Narbe bis zur Mikropyle von chemischen Reizen geführt, indem jene immer den Stellen zustrebt, die ihr bestimmte Stoffe — Kohlehydrate, Diastase — zu bieten vermögen, und dabei ohne weiteres zu den Stellen des Griffels und Fruchtknoteninneren gelangt, die ihr als „Leitbahnen" bis zur Samenknospe dienen.

Die chemotaktische Empfindlichkeit der Organismen spricht sich aber nicht nur darin aus, daß bestimmte Stoffe anziehend wirken — „positive Chemotaxis" —, sondern auch darin, daß

---

die tierischen Spermatozoen durch chemotaktische Reize geleitet den Weg zu den Eiern finden; vgl. z. B. Schücking, Zur Physiologie der Befruchtung, Parthenogenese und Entwicklung (Arch. f. d. ges. Phys. 1903, Bd. XCVII).

Digitized by Google

bestimmte andere Stoffe abstoßende Wirkung ausüben — „negative Chemotaxis“ Auch diese letztere scheint im Sexualleben eine bedeutsame Rolle zu spielen. Wenigstens wird die Tatsache, daß Gameten, die in dem nämlichen Mutterindividuum entstanden sind, im allgemeinen nicht miteinander kopulieren, vielleicht im angeführten Sinne zu erklären sein.*) Dabei wäre die Annahme unabweislich, daß zwischen Gameten verschiedener Provenienz irgendwelche minutiöse chemische Unterschiede bestehen.

Inzucht, Selbstbefruchtung. Bei der sexuellen Vereinigung von Zellen, die in nächster Verwandtschaft zueinander stehen, spricht man von Inzucht und Selbstbefruchtung: daß Inzucht im allgemeinen vermieden wird, ist gewiß oft ein regulativer Effekt chemischer Einflüsse. Übrigens fehlt es nicht an Fällen, in welchen die Kopulation sehr nahe verwandter Anteile gelegentlich auftritt oder sogar zur Regel wird. Die oben kurz erwähnten Vorgänge der Autogamie und Pädogamie liefern die ersten Beispiele; bei den Hefen hat man beobachtet, daß zuweilen Zellen, die soeben als Teilungsprodukte einer Mutterzelle selbständig geworden sind, sich sogleich wieder sexuell vereinigen; ähnlich liegen die Dinge bei dem Zygomyzeten Basidiobolus Lacertae. Vollends die Regel scheint die Vereinigung von Schwesterzellen bei dem von Karsten studierten Corethron zu sein (s. o.), der Diatomee, deren Zellinneres in zahlreiche Plasmaportionen zerfällt, die paarweise miteinander kopulieren.**)

Bei den höheren Pflanzen findet sich Analoges. Es sind eine ganze Anzahl Pflanzen bekannt — die Gerste sei als ge-

*) Vgl. den später gegebenen Hinweis auf Rückerts Arbeit.

**) Die Bedeutung einer Abnormität kommt bei den fadenförmigen Konjugaten (Spirogyra, Mougeotia usw.), die im allgemeinen durch leiterförmige Kopulation ihre Zygosporen bilden, der sogenannten Rhynchonemakopulation zu, bei welcher (vgl. Fig. 37) benachbarte Zellen ein und desselben Fadens durch henkelartig gekrümmte Kopulationsschläuche miteinander in Verbindung treten. Bei M. Uleana werden sogar normalerweise vor der Vereinigung von Nachbarzellen die trennenden Querwände gelöst. Dabei sind allerdings die fusionierenden Zellen nicht gerade Schwesterzellen nächsten Verwandtschaftsgrades.

Digitized by Google

läufiges Beispiel genannt —, die bei Selbstbefruchtung keimfähigen Samen liefern. Allerdings ist bei vielen Pflanzen die Qualität der Nachkommenschaft, die nach Selbstbefruchtung entsteht, eine geringere als bei Kreuzbefruchtung. Alle diese Arten können als vermittelnde Formen zwischen den beiden Extremen angesehen werden: an einem Ende der Reihe stehen diejenigen Pflanzen, welche durchaus „selbststeril" sind, und bei welchen die Belegung der Narbe mit Pollen der gleichen Blüte keine Samenbildung hervorruft (z. B. beim Roggen) sowie die ihrer „Heterostylie" wegen oft beschriebenen Gewächse (Primula, Linum u. a.); bei diesen gibt es Blüten zweierlei Art: solche mit langen Griffeln und kurzen Staubgefäßen oder mit kurzen Griffeln und langen Staubgefäßen. Am vorteilhaftesten ist diejenige Kombination, bei welcher Pollen aus langen Staubgefäßen auf die Narben langer Griffel fällt oder Pollen aus kurzen Staubgefäßen auf die Narben kurzer Griffel. Es liegen gleichsam zwei verschiedene „Rassen" von Geschlechtszellen vor, die nicht beliebig einander vertreten können. — Das andere Extrem liefern diejenigen Pflanzen, deren Blüten auf Samenerzeugung durch Selbstbefruchtung geradezu angewiesen sind, die sogenannten kleistogamen Blüten und Pflanzen; bei ihnen keimt der Pollen aus, bevor die Blüten sich geöffnet haben, und die Pollenschläuche dringen zu den Samenknospen der gleichen Blüte vor, die von ihnen befruchtet werden.*) Ferner lehrt die Blütenbiologie, daß bei manchen Pflanzen auch dann, wenn ihre Blüten sich entfalten und die Narben für auswärtigen Pollen zugänglich werden, durch Bewegungen der Staubgefäße die Narben stets oder doch vorzugsweise mit Pollen der eigenen Blüte belegt werden (Berberis u. a.).

Fig. 37. Spirogyra longata. Benachbarte Zellen desselben Fadens kopulieren miteinander u. bilden Zygosporen (z). Nach Strasburgers Lehrbuch.

*) Näheres über kleistogame Blüten bei Göbel (Biolog. Zentralbl. 1904, Bd. XXIV, S. 673 ff.).

Digitized by Google

Bei den Tieren sind die Beziehungen zwischen Inzucht und Zeugung ähnliche wie bei den Pflanzen. Gutherz*) stellte fest, daß bei Ciona intestinalis, einer hermaphroditen Aszidie, die Eizellen nach Vereinigung mit Samenzellen vom gleichen Individuum nur ausnahmsweise Nachkommen erzeugen (Selbststerilität), während die gleichfalls hermaphrodite Phallusia mamillata bei Selbstbefruchtung reichliche Nachkommenschaft liefert. — Bei manchen höheren Tieren liefert wiederholte Paarung nahe verwandter Individuen, wie die Züchter wissen, schließlich minderwertiges Material; beim Menschen scheint Heirat unter nahen Verwandten nur dann bedenklich zu sein, wenn sie eine Häufung pathologischer Anlagen fürchten läßt.

Zytotaxis, Karyotaxis, Chromotaxis. — Kehren wir nach diesen Abschweifungen wieder zu den Kräften zurück, welche zusammengehörige Geschlechtszellen einander zuführen. Mit der Annäherung und der Fusion der beiden Zellen ist noch nicht alles geleistet, — es folgt bekanntlich noch die Fusion der Kerne. Auch diese hat man auf chemotaktische Einflüsse zurückzuführen gesucht und hat der sexuellen „Zytotaxis" oder Annäherung ganzer Zellen noch eine sexuelle „Karyotaxis" oder Kernannäherung gegenübergestellt. Was für Substanzen dabei tätig sein mögen, läßt sich bisher freilich nicht für einen einzigen Fall angeben. Sonderbar genug ist, daß in tierischen Eiern selbst dann, wenn mehrere Spermazellen in ein Ei eindringen, nur eine mit dem Eikern sich vereinigt, und es ist vielleicht mehr als ein Bild, wenn man von der Sättigung einer chemischen Affinität spricht, die im Eikern durch die Vereinigung mit dem männlichen erreicht wird. — Ungleichnamige Kerne, d. h. weibliche und männliche, scheinen sich gegenseitig anzuziehen, gleichnamige abzustoßen, wie Rückert (Beobachtungen an den ins Ei eingedrungenen Spermakernen) wahrscheinlich zu machen gesucht hat.**)

*) Selbst- und Kreuzbefruchtung bei solitären Aszidien (Arch. f. mikrosk. Anat. 1904, Bd. LXIV).

**) Die erste Entwicklung des Eies der Elasmobranchien. Jena 1899, S. 677.

Digitized by Google

Im allgemeinen betätigt sich die sexuelle Affinität zwischen den Zellkernen gleichzeitig mit der, welche ganze Zellen zueinander führt. Ausnahmen stellen die Zygosporen einiger Desmidiazeen dar (Closterium, Cosmarium), bei welchen die aus den beiden Gameten stammenden Kerne noch unverbunden und unempfindlich füreinander in der Zygospore liegen und erst nach der Überwinterung unmittelbar vor der Keimung verschmelzen.*) Ob wohl Zellenfusion und Kernverschmelzung noch weiter auseinanderrücken und vielleicht durch zahlreiche Zellengenerationen getrennt werden können? Die Uredineen (s. o. S. 59), deren Zellen vor der Äzidienbildung zweikernig und erst von den Teleutosporen ab wieder einkernig werden, scheinen hierfür ein Beispiel zu geben.

Ein zweites Analogon für die sexuelle Fusion der Zellen hat man in der sexuellen „Chromotaxis" oder der Vereinigung von Chromosomen zu finden geglaubt. Diese letzte Art sexueller Affinität kommt freilich außerordentlich spät zur Wirkung, nämlich erst dann, wenn die Bildung einer geschlechtlichen Generation angebahnt und die Reduktion der Chromosome, von der wir oben sprachen (vgl. S. 31), vorbereitet wird. Auch davon, daß die Vereinigung der Chromosome nur eine kurz dauernde ist, war bereits die Rede.

b) Bastardierung.

Die Voraussetzungen für die Erzeugung dauerfähiger Nachkommen sind im allgemeinen dann optimal, wenn die Sexualzellen von verschiedenen Exemplaren derselben Spezies stammen. Allzu große Verwandtschaft der Geschlechtszellen einerseits, allzu großer Abstand der elterlichen Individuen im System andererseits schließen eine erfolgreiche Befruchtung oftmals aus. Ebenso wie für die Möglichkeit der Selbstbefruchtung lassen sich auch für die Erzeugung kräftiger Nachkommen durch Vereinigung von Geschlechtszellen verschiedener Spezies d. h. durch Bastar-

*) Klebahn, Studien über Zygoten I. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXII, S. 415.

Digitized by Google

dierung zahlreiche Beispiele anführen. Unter den Thallophyten sind nur wenige Bastarde bekannt, eine ganze Reihe unter den Farnen, außerordentlich viele bei den Phanerogamen.

Die Bedeutung der Bastardforschung für die Erkenntnis der Sexualitätsprobleme hat schon Camerarius erkannt und Kölreuter durch seine wichtigen Untersuchungen erwiesen. In wie mannigfaltiger Weise die Erforschung der Bastarde zur Klärung allgemeiner biologischer Fragen beitragen kann, haben gerade die Resultate der jüngsten Zeit wieder von neuem dargetan.

Die Kardinalfragen bei jeglicher Bastardforschung sind: bei welchen Pflanzen lassen sich die Sexualzellen zur Vereinigung bringen und Bastarde erzielen? — und zweitens: wodurch unterscheiden sich, und worin gleichen die Bastarde ihren Eltern?

Im allgemeinen gelingt die Bastarderzeugung um so leichter, je näher verwandt die beiden elterlichen Formen sind; die meisten Bastarde entstehen durch Kreuzung verschiedener Arten einer Gattung miteinander, nur wenige sind auf Angehörige verschiedener Gattungen zurückzuführen: irgendwelche Unterschiede in der Konstitution der Geschlechtszellen scheinen es zu verhindern, daß bei entfernter Verwandtschaft die Geschlechtszellen sich noch zu einer entwicklungsfähigen Anlage vereinigen können. Höchst wahrscheinlich ist aber gleichzeitig, daß auch andere Umstände, die mit der Fusion von Geschlechtszellen direkt nichts zu tun haben, gelegentlich das Zustandekommen eines Bastards unmöglich machen können. So können manchmal einander sehr nahe stehende Arten oder selbst Varietäten einer Art sich nicht sexuell vereinigen, und der Pollen von Mirabilis Jalapa kann die Samenknospen von M. longiflora nicht befruchten, während umgekehrt M. longiflora ♂ und M. Jalapa ♀ Bastarde erzielen. Ob die Länge der Pollenschläuche im ersten Falle nicht ausreichen mag, oder ob bestimmte Stoffe auf der Narbe, die zur Keimung der aufgelegten Pollenkörner erforderlich sind, fehlen mögen, oder ob sonst irgendein bisher unerkannt gebliebener Faktor im Spiele ist, läßt sich vorläufig nicht entscheiden.

Digitized by Google

Die zweite Frage, wie sich die Bastardformen hinsichtlich ihrer Merkmale zu den Stammpflanzen verhalten, hat neuerdings wieder energische Bearbeitung gefunden, nachdem Gr. Mendel vor ca. 40 Jahren vornehmlich an Erbsenbastarden die Gesetze studiert hat, welche das Auftreten und das Schwinden bestimmter Kennzeichen an den Bastarden und ihren Nachkommen regeln. Die vielen wertvollen Resultate, die in neuester Zeit auf diesem Gebiete der Bastardforschung erzielt worden sind, können wir hier freilich nicht besprechen, da sie mit der Lehre von der Sexualität der Pflanzen nur in losem Zusammenhang stehen, und die Vererbungslehre hier nicht behandelt werden soll.*) Dafür sollen hier noch zwei andere Fragen ihre Erledigung finden, für die sich freilich zurzeit noch kein sonderlich reiches Beispiel- und Tatsachenmaterial vorbringen läßt.

Wir haben oben gesehen, daß chemische Stoffe nicht nur die Vereinigung schwärmender Sexualzellen leiten, sondern auch auf Wachstumsvorgänge, die dem Sexualakt vorausgehen, bestimmenden Einfluß haben. Ich komme auf diese Beziehungen hier zurück, weil durch einige Bastardierungsversuche die Analyse dieser Wachstumsvorgänge neuerdings gefördert worden ist. Bei Mukorineen hat sich zeigen lassen,**) daß Angehörige verschiedener Arten, ja sogar Angehörige verschiedener Gattungen (z. B. Mucor und Rhizopus) aufeinander einwirken und sich zur Bildung von ebensolchen Zweigen anregen können, wie sie vor der normalen Zygosporenbildung entstehen. Zur Abtrennung von Gameten, geschweige denn zur Kopulation kommt es nicht, aber es ist doch von großem Interesse, daß die ersten Regungen und Äußerungen der Sexualität am Myzel des Pilzes sich bemerkbar machen, wenn ein fremder, zur Kopulation ungeeigneter Partner auf dieses einwirkt. Diese Einwirkung

*) Zur Einführung in das schwierige Kapitel seien die zusammenfassenden Schriften von Correns empfohlen: Ber. d. D. bot. Ges. 1901, Bd. XIX, S. 71; Botan. Zeitg. 1903, Bd. LXI, S. 113; Arch. f. Rassen- und Gesellschaftsbiologie 1904, Bd. I, S. 27; Über Vererbungsgesetze. Berlin 1905.

**) Blakeslees Untersuchungen zitierten wir S. 40.

Digitized by Google

schließt also wohl die Bedingungen in sich ein, unter welchen die früher geschilderten Seitenzweige sich bilden (vgl. Fig. 12), aber es bleiben bei ihr diejenigen, die zur Abtrennung von Gameten und zu deren Verschmelzung erforderlich sind, noch unverwirklicht.

Die letzte Frage wäre die, ob die Fusionsfähigkeit bzw. -unfähigkeit bei Geschlechtszellen verschiedener Art lediglich von ihrer „Konstitution", von artcharakteristischen, unabänderlichen Merkmalen ihres Plasmas und ihres Kernes abhängig ist, oder ob die auf die Geschlechtszellen einwirkenden äußeren Bedingungen irgendwelchen Einfluß auf den Fusionsakt haben. Diese Frage ist von großer prinzipieller Bedeutung, aber botanischerseits noch nicht in Angriff genommen worden; die Botaniker haben ihre Bastardierungsversuche bisher immer unter denselben äußeren Bedingungen vorgenommen, die in der Natur in üblicher Weise verwirklicht zu sein pflegen. An tierischen Objekten haben sich bereits mancherlei merkwürdige Beziehungen aufdecken lassen. Seeigeleier, die einer Bastardbefruchtung widerstehen, wenn man sie unmittelbar nach Öffnung des weiblichen Tieres fremdem Sperma aussetzt, werden für dieses immer zugänglicher, je länger sie vor der Vereinigung mit frischem Samen im Wasser gelegen haben. Noch auffälliger sind die Resultate Loebs, welcher Bastardformen zwischen verschiedenen Klassen der Stachelhäuter (Echinodermen), zwischen Seeigeln, Seesternen und Holothurien, erzeugen konnte, wenn er dem Wasser, welches die Seeigeleier enthielt, außer dem Samen der Seesterne und Holothurien geringe Mengen von Natronlauge zusetzte.*)

c) Polyspermie.

Im wesentlichen handelt es sich bei allen sexuellen Vorgängen um Zellen- und Kernpaare und um deren Vereinigung. Ob wohl gelegentlich auch mehr als zwei Zellen oder Kerne

*) Vgl. bes. The fertilization of the egg of the Sea Urchin by the sperm of the Starfish (Univ. California Public., Physiol., vol. I, Nr. 6, 1904, S. 39).

Digitized by Google

miteinander fusionieren können? Durch zoologische Untersuchungen sind bereits zahlreiche Fälle bekannt geworden, in welchen viele Samenzellen in ein Ei eindringen („Polyspermie" bei Wirbeltieren und Insekten). Damit ist aber noch nichts über die Zahl der sich vereinigenden Kernelemente ausgesagt. Und doch scheint es sehr wohl denkbar, daß auch bei typischen sexuellen Vorgängen mehr als zwei Elemente zusammentreten können, wie bei der Endospermbefruchtung der Angiospermen. Bei dieser handelt es sich im allgemeinen um drei Kerne, bei manchen Pflanzengruppen um noch mehr Kerne, und neuerdings sind Fälle bekannt geworden, in welchen abnormalerweise ein, zwei oder drei Antipodenkerne in die Mitte des Embryosackes rücken und an der Vereinigung teilnehmen.*)

Daß unzweideutige Sexualvorgänge unter gleichzeitiger Beteiligung von drei echten Sexualzellen sich abspielen, ist beispielsweise für Spirogyra bekannt. Sieht man eine größere Anzahl kopulierender Fäden durch, so findet man leicht hier und da Zygosporen, die aus dem Material einer weiblichen und zweier männlicher Zellen sich aufbauen. Daß mehr als zwei männliche Zellen sich beteiligen, scheint äußerst selten zu sein. Das Verhalten der Kerne bei der Bildung solcher abnormaler Zygosporen ist noch nicht näher untersucht worden.

Ein weiteres Beispiel gibt Protosiphon, bei dem gelegentlich drei Gameten zur Sporenbildung zusammentreten können.

Dafür, daß auch zwei weibliche Zellen und eine männliche sich sexuell vereinigen können, sind aus dem Pflanzenreiche keine Beispiele bekannt; doch muß die Möglichkeit auch für eine solche Vereinigung zugegeben werden — um so mehr, als es gelungen ist, z. B. bei Seeigeln je zwei Eier zusammenfließen zu lassen und hiernach zu befruchten.

---

*) Murbeck, Über Anomalien im Bau des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung Alchimilla (Lunds Univ. Arskrift. 1902, Bd. XXXVIII).

Digitized by Google

d) Parthenogenese.

Unter den Kryptogamen wie bei den Phanerogamen gibt es sehr zahlreiche Arten, die ihre Fähigkeit zu sexueller Fortpflanzung verloren haben, gleichwohl aber in der einen oder anderen Weise noch Anklänge an die Fortpflanzungsweise der ihnen nahestehenden sexuell gebliebenen Formen erkennen lassen. Die weitverbreitete Mougeotia genuflexa ist dadurch gekennzeichnet, daß hie und da einzelne Zellen gegenüberliegender Fäden durch ganz kurze Kopulationsäste oder durch knieartige Knickung der Fäden miteinander in Berührung kommen; Vereinigung der Zellen und Sporenbildung bleiben aber stets aus. Das einzige, was an die typischen Kopulationsvorgänge erinnert, sind hier die Vorbereitungen zum Fusionsakt. Fälle dieser Art sind aber selten; viel häufiger kommt es zur Sporenbildung ohne Fusion und ohne irgendwelche Vorbereitungen zu ihr, so daß nur noch das Resultat in diesen Fällen mit den Vorgängen der normal sexuellen Sporenbildung übereinstimmt. Überraschend ist dabei, daß die unbefruchteten Eizellen zu Sporen werden, die ganz und gar oder nahezu mit den analogen Gebilden der geschlechtlich gebliebenen verwandten Formen übereinstimmen.

Die Weiterentwicklung einer unbefruchteten Eizelle zu einer Spore oder einem Embryo bezeichnet man als Parthenogenese, die auf parthenogenetischem Wege erzeugten Sporen als Parthenosporen.

Die Parthenogenese ist eine im Tier- und Pflanzenreiche weitverbreitete Erscheinung: die Blattläuse verdanken ihre rapide Ausbreitung während der Sommermonate der parthenogenetischen Erzeugung von Nachkommen; männliche Individuen fehlen den Sommer über und erscheinen erst im Herbst. Die Gallwespen entwickeln alljährlich zwei Generationen, deren eine aus Männchen und Weibchen besteht und befruchtete Eier erzeugt, während die andere nur Weibchen liefert und Eier, die sich parthenogenetisch entwickeln. Die Bienenkönigin legt bekanntlich befruchtete und unbefruchtete Eier, aus diesen werden Männchen (Drohnen), aus jenen Weibchen (Arbeiterinnen).

Digitized by Google

Ähnlich liegen die Verhältnisse im Pflanzenreich. Unter den Diatomeen gibt es zahlreiche Formen, die ohne vorangegangene Vereinigung typische Auxosporen produzieren (z. B. Melosira): Spirogyra mirabilis vereinigt ihre Fäden niemals in leiterförmiger Kopulation, sondern jede Zelle für sich ist schon zur Bildung einer Spore befähigt. Von Zygosporen wie bei den typischen Spirogyren und Konjugaten überhaupt kann man dabei kaum reden, man stellt den Zygosporen die parthenogenetisch erzeugten Gebilde als Azygosporen gegenüber. Azygosporen sind auch für manche Zygomyzeten, z. B. den weitverbreiteten fliegentötenden Pilz Empusa Muscae als normale Sporenform bekannt.

Auch bei den oosporen- und embryobildenden Pflanzen treffen wir auf zahlreiche parthenogenetische Arten. Bei Saprolegnia mixta bleiben viele Oogonien ohne Antheridien und bilden ohne Befruchtung typische Oosporen aus (vgl. Fig. 19). Chara crinita hat dadurch eine gewisse Berühmtheit erlangt, daß sie an den meisten Standorten nur in weiblichen Exemplaren vorkommt und gleichwohl normale Oosporen entwickelt. Unter den Askomyzeten und den Flechten befinden sich vermutlich sehr viele parthenogenetisch gewordene Formen; für einige ist bereits Entwicklungsfähigkeit des unbefruchteten Askogons und Fehlen der Spermogonien sichergestellt.

Unter den Phanerogamen haben sich neuerdings zahlreiche Beispiele für Parthenogenese aufdecken lassen: Alchimilla, Antennaria, Taraxacum, Thalictrum und andere. Bei einigen von ihnen entstehen wohl Staubgefäße, aber kein normaler Pollen mehr.*)

In allen hier aufgezählten Fällen kann die Parthenogenese als habituelle bezeichnet werden: die Entwicklung der unbefruchteten Eizellen gehört zu den Merkmalen der Art. Eine zweite Gruppe von Beispielen soll uns die künstliche oder experimentell erzeugte Parthenogenese näher bringen. Bei ihr handelt

*) Einige Literaturangaben bei Winkler, Ber. d. D. bot. Ges. 1903, Bd. XXII, S. 573.

Digitized by Google

es sich um die Entwicklung unbefruchteter Eizellen, die nur unter bestimmten Bedingungen erfolgen kann, und wir finden sie bei Organismen — tierischer und pflanzlicher Natur —, deren Eizellen sehr wohl befruchtungsfähig sind und unter „normalen" Bedingungen, d. h. unter denjenigen, die in der freien Natur zumeist verwirklicht sind, auch tatsächlich befruchtet werden. Die bekanntesten Beispiele, die in neuerer Zeit viel diskutiert worden sind, entstammen dem Tierreich: unbefruchtete Seeigeleier lassen sich im Experimente unter Anwendung der verschiedensten Bedingungen zur Entwicklung bringen, vor allem durch Kultur in Meerwasser von anorm hoher Konzentration und durch Zusatz bestimmter Substanzen (Kaliumverbindungen u. a.).*) Wenn einer Eizelle, die gewöhnlich erst nach Vereinigung mit einem Spermatozoon zu einem neuen Individuum sich heranbildet, auch ohne dieses sich weiterentwickeln kann, so scheint daraus hervorzugehen, daß in ihr schon „alles" zur Entwicklung Nötige enthalten ist, und der erforderliche Anstoß zur Entwicklung nicht nur durch Vereinigung mit dem Spermatozoon, sondern auch durch verschiedenartige andere Faktoren gegeben werden kann. Die neuen Erfahrungen über künstliche Parthenogenese haben zu mancherlei wichtigen Erörterungen über das Wesen der Befruchtung geführt, auf die wir erst später kurz eingehen können.

Unter den niederen pflanzlichen Organismen finden sich viele Arten, deren Gameten sich zur künstlichen Parthenogenese bringen lassen: die Sexualität scheint bei den zygosporenbildenden Organismen noch nicht hinreichend „fixiert" und leicht ausschaltbar zu sein. Klebs**) stellte fest, daß die Gameten von Protosiphon, die bei niedriger Temperatur entstehen, kopulieren und Zygosporen bilden, die bei höherer Temperatur (25—27°) entstandenen aber parthenogenetisch sich entwickeln. Bei manchen Phäophyzeen (Ectocarpus) können männliche wie weibliche

*) Näheres bei O. Hertwig, Allgemeine Biologie. Jena 1906.
**) Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.

Digitized by Google

Gameten sich parthenogenetisch weiterentwickeln, — die erforderlichen Bedingungen, die auch in der Natur oft verwirklicht zu sein scheinen, sind nicht näher bekannt. Die Grenzen zwischen künstlicher und habitueller Parthenogenese gehen übrigens oft verloren: die Eier von Cutleria entwickeln sich an manchen Standorten vorwiegend parthenogenetisch, z. B. an den Küsten Englands, an welchen einige wenige männliche Exemplare nur im August erscheinen.

Auch ruhende Gameten sind zur künstlichen Parthenogenese befähigt. Bei Spirogyra-Arten kann man nach Klebs Parthenosporen oder Azygosporen dadurch erzielen, daß man die in Kopulation begriffenen Fäden in wasserentziehende Lösungen bringt; beide Gameten verwandeln ihren Inhalt zu einer Spore. Azygosporen treten auch bei Zygomyzeten, die typischerweise normal kopulieren, z. B. bei Sporodinia auf. Was für Bedingungen dabei die normale Kopulation verhindern mögen, ist noch nicht ermittelt worden.

Typische Eizellen, die normalerweise durch Spermatozoiden befruchtet werden, lassen sich im allgemeinen nicht zu künstlicher Parthenogenese bringen. Nur für den Farn Marsilia ließ sich feststellen, daß höhere Temperatur die Eizellen der Archegonien zu parthenogenetischer Entwicklung anregt. Für die Phanerogamen sind noch keine analogen Beispiele bekannt geworden.

Wir sagten oben, daß bei den in Rede stehenden Pflanzen ohne Befruchtung ebensolche Sporen entstünden, wie sonst nach Befruchtung. Immerhin lassen sich manchmal einige kleine Unterschiede zwischen sexuell erzeugten und Parthenosporen erkennen: bei Ulothrix liefern die Zygosporen vier schwärmende Keimlinge, die Parthenosporen nur zwei u. dgl. m. Sehr wünschenswert wäre eine Nachprüfung der Bitterschen Angabe, nach welcher unbefruchtete Eizellen der Zaunrübe (Bryonia) männlichen Pflanzen den Ursprung geben, befruchtete zu weiblichen oder männlichen werden.*)

*) Parthenogenesis und Variabilität der Bryonia dioica (Abh. Nat. Ver Bremen 1904, Bd. XVIII, 1, S. 99).

Digitized by Google

Alle unsere bisherigen Mitteilungen beziehen sich auf die parthenogenetische Entwicklung von Gameten und Eizellen. Können auch männliche Geschlechtszellen unter irgendwelchen Umständen zu neuen Individuen auswachsen, ohne mit einer weiblichen Zelle zu fusionieren? Daß die Zellen „männlicher" Spirogyra-Fäden zu Parthenosporen werden können, geht aus dem oben Gesagten bereits hervor, und daß auch die männlichen Schwärmer von Ectocarpus zu parthenogenetischer Entwicklung befähigt sind, wurde bereits erwähnt. Bleibt diese Fähigkeit aber auch ausgesprochenen Spermatozoen? Ihre Kleinheit kann kein unüberwindliches Hindernis sein; überdies besitzen die Spermatozoen mancher Algen hinreichend viel Plasma, das ihnen — wie man meinen sollte — ihr selbständiges Fortleben möglich machen könnte. Es lassen sich hier nur zwei Beobachtungen anführen, welche zum mindesten erweisen, daß weitere Forschungen in dieser Richtung durchaus nicht aussichtslos sind. Bei Oedogonium, dessen Spermatozoen gelb gefärbt sind, sah Klebs einmal ein solches ergrünen, — diese Veränderung darf man als ersten Schritt auf dem Weg zu selbständiger Entwicklung betrachten. Ferner sind die Spermatien gewisser Askomyzeten, die wir oben als männliche Geschlechtszellen kennen gelernt und in ihren Beziehungen zur Trichogyne studiert haben (s. o. S. 54), fähig, in geeigneten Nährlösungen zu keimen und zu kräftigem Myzel heranzuwachsen. Brefeld und seine Schüler, die hierüber wertvolle Beobachtungen gesammelt haben, nehmen an, daß die selbständige Keimung und Entwicklung der Spermatien die Meinung derer widerlege, welche Geschlechtszellen in ihnen sehen. Der Zusammenhang, in dem ich hier auf die Spermatien zurückkomme, soll zeigen, daß auch eine andere Deutung zulässig ist.

e) Parthenokarpie.

Bei den Angiospermen sind Embryobildung, Endospermbildung, überhaupt die Umwandlung der Samenknospen zu Samen die nächstliegenden Folgen der Bestäubung und Befruchtung: dazu kommt noch das Wachstum der Fruchtknoten-

Digitized by Google

wand, die zur Fruchtwand werden soll. Wenn Bestäubung und Befruchtung ausbleiben, bleiben auch Samenknospen und Fruchtknotenwand unverändert, bis schließlich der Fruchtknoten als überflüssig abgestoßen wird.

Die Beziehungen der Befruchtung und Samenbildung zur Fruchtbildung sind unverkennbar. Eine nähere Überlegung erfordert die Frage, wo im einzelnen der Sitz der wirksamen Reize zu suchen ist. Bei den Hülsen von Robinia Pseudoacacia ist das Wachstum der Fruchtwand ergiebig nur dort, wo befruchtete Samenknospen liegen: es scheint also hier und in ähnlichen Fällen ein zum Wachstum anregender Reiz von den in Entwicklung begriffenen Samenknospen auszugehen. In anderen Fällen ist es der Pollenschlauch, von dem schon bestimmte Wirkungen ausgehen. Treub*) hat für einige Orchideen gezeigt, daß die Samenknospen im Fruchtknoten sich nur ausbilden, wenn Pollenkörner auf der Narbe zur Keimung kommen; ähnliches gilt z. B. für die Haselnuß (Corylus); vielleicht sind es vom Pollenschlauch gelieferte chemische Stoffe, welche hierbei wirksam werden, möglicherweise kommen aber auch Reize anderer Art in Betracht, zumal Treub zeigen konnte, daß die Entwicklung parasitisch lebender Insektenlarven im Fruchtknoten den gleichen Effekt erzielt.**)

*) Action des tubes polliniques sur le développement des ovules chez les Orchidées. (Ann. jard. Buitenzorg, 1883, Vol. III, p. 122. Daselbst weitere Literatur.)

**) Dafür, daß nicht nur die Ausbildung der Samenknospe, sondern auch die des Endosperms von besonderen Reizen abhängig werden kann, beweist die oben schon geschilderte „fraktionierte Endospermbildung" von Gnetum (vgl. S. 73). — Im Tierreich stellen vielleicht diejenigen Fälle etwas Analoges dar, in welchen die „Reifung" des Eies erst eintritt, wenn das Spermatozoon in dieses eingedrungen ist. Während im allgemeinen die „Ovozyten" (unreifen Eier), die erst nach Abschnürung von zwei kleinen Zellen (sogen. Richtungskörperchen) zu befruchtungsfähigen Eiern werden, diese Reifung schon vor der Vereinigung mit den Samenzellen durchmachen, erfolgt diese in manchen Fällen (vgl. Korschelt-Heiders, Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere, 1903, S. 630 ff.) erst nach dem Eindringen des Spermatozoons, dessen Kern sich mit dem Eikern vereinigt, nachdem die beiden Richtungskörperchen abgeschnürt worden sind.

Digitized by Google

Besondere Aufmerksamkeit hat man von jeher den kernlosen Früchten verschiedener Kulturpflanzen geschenkt, die eine allbekannte Ausnahme von der oben aufgestellten Regel bilden. Schon bei Theophrast*) kommt das Interesse an kernlosen Früchten zum Ausdruck; insbesondere rät Theophrast an Rebstockzweigen das Mark herauszunehmen, um kernlose Beeren zu erzielen! Außer den kernlosen Rosinen kennt man heute kernlose Zitronen, Äpfel und Birnen, Bananen, Gurken u. a. Wie kommen nun solche samenlose Früchte zustande? Nachdem soeben auseinandergesetzt worden ist, daß bei vielen Pflanzen Embryonen und keimfähige Samen aus unbefruchteten Eizellen entstehen können, liegt die Annahme nahe, daß vielleicht auch ganze Früchte heranwachsen können, ohne daß es dabei irgendwelcher Einwirkungen seitens der Pollenschläuche oder heranwachsender Samenknospen bedürfte. In der Tat hat Noll*) der Parthenogenese eine Parthenokarpie gegenübergestellt und mit der Gurke ein Beispiel für Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung beschrieben: die samenlose Gurkenfrucht kommt auch zur Entwicklung, wenn sie aufs peinlichste von Pollen getrennt gehalten wird.

In allerjüngster Zeit hat Solacolu***) mitgeteilt, daß auch beim Kohl (Brassica oleracea var. acephala), beim Geißblatt (Lonicera Caprifolium), Klatschmohn (Papaver Rhoeas), Lilium candidum, Lunaria biennis, Paeonia officinalis und Rhododendron ponticum Parthenokarpie eintreten kann: es wurden aus jungen Blüten die noch unreifen Staubgefäße entfernt, die Narben zugekittet und die Blüten mit engmaschigen Netzen umbunden.

Bei den anderen angeführten Gewächsen, den Rosinen, Äpfeln usw., liegt nur scheinbare Parthenokarpie vor; bei ihnen

*) De causis plantarum lib. III, 23.

**) Über Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenokarpie) bei der Gurke. (Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde, Bonn 1902.)

***) Solacolu: Sur les fruits parthénocarpiques (C. R. Acad. Sc. Paris, 1905, T. CXLI, p. 897.)

Digitized by Google

ist, soweit die vorliegenden Untersuchungen Aufschluß geben, stets Bestäubung und Pollenschlauchbildung unerläßlich. Die eindringenden Schläuche regen das Fruchtwachstum an, auch wenn Samenbildung ausbleibt. Dieselbe Wirkung geht bei Liparis latifolia von den bereits erwähnten Insektenlarven aus.

f) Apogamie, Aposporie.

Als Apogamie bezeichnet man die Entwicklung einer vegetativen Zelle zu einem Embryo. Die scharfe Abgrenzung der Beispiele für apogame Embryobildung setzt eine scharfe Definition für die „vegetative Zelle" voraus und eine scharfe Unterscheidung zwischen ihr und der Eizelle.

Wir hörten früher, daß die für sexuelle Kopulation bestimmten Geschlechtszellen eine Reduktion ihrer Chromosomenzahl erfahren: haben sich je zwei Zellen und ihre Kerne vereinigt, so liegt wieder die volle Zahl von Chromosomen vor. Wie steht es nun in diesem Punkte mit parthenogenetisch sich entwickelnden Eizellen? Soweit die bisher vorliegenden Untersuchungen ein Urteil gestatten, bleibt tatsächlich in denjenigen Fällen, in welchen wir oben von habitueller Parthenogenese sprachen, die Reduktion der Chromosome aus.*) Wenn man in dem reduzierten Chromosomengehalt ein unerläßliches Merkmal der Eizellen und der Geschlechtszellen überhaupt sehen will, darf man bei Alchimilla und ähnlichen Fällen nicht von Eizellen und deren parthenogenetischer Entwicklung sprechen, sondern muß in ihnen Beispiele für Apogamie, für die Fortentwicklung von vegetativen Zellen mit voller Chromosomenzahl sehen. Allerdings handelt es sich bei den bisher besprochenen Fällen um vegetative Zellen besonderer Art, die in ihrer Lage und durch entwicklungsgeschichtliche Momente den typischen Eizellen ähnlich bleiben. Nachzutragen ist, daß in einigen

*) Näheres bei E. Strasburger, Die Apogamie der Eualchimillen usw. (Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XLI, 1904, S. 88.) — Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie. Jena 1902, Bd. I. Vortrag XV, S. 313 ff.

Digitized by Google

wenigen Fällen auch vegetative Zellen gewöhnlichster Art, die mit typischen Eizellen gar nichts mehr gemeinsam haben, zu Embryonen und ganzen Pflanzen werden können. Bei manchen Farnen können Zellen des Prothalliums in diesem Sinne sich weiterentwickeln,*) und ferner kennt man eine Reihe von Angiospermen,**) bei welchen Zellen des den Embryosack umhüllenden Gewebes (Nucellus) oder sogar des inneren Integuments zu Embryonen auswachsen können, z. B. Allium odorum, Caelebogyne ilicifolia, Citrus aurantia (vgl. Fig. 38). Die Embryonen vegetativen Ursprungs erscheinen oft zu mehreren und neben dem, der aus der befruchteten Eizelle heranwächst, so daß ein Samenkorn mehrere Embryonen und noch dazu solche von ungleicher Herkunft einschließen kann. — Mit der vegetativen Embryobildung haben wir eine Erscheinung behandelt, die vielleicht mit Unrecht in diesen Zusammenhang gestellt worden ist. Wir haben es bei ihr mit einer besonderen Form der vegetativen Vermehrung zu tun, und die geschilderten Vorgänge erinnern in vieler Be-

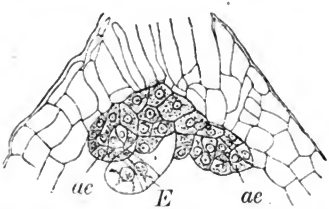


Fig. 38. Bildung von vegetativen Embryonen (*ae*, *ae* „Adventivembryonen") bei Funkia ovata. *E* der geschlechtlich erzeugte Embryo. Nach Strasburger.

*) Farmer, Moore und Digby haben neuerdings angegeben (Preliminary note on Apogamy; Roy. Soc. Proc. Vol. LXXI, 1903, p. 453), daß in den Zellen der Prothallien vor der apogamen Embryobildung ein Übertritt von Kernen durch die Membran stattfindet, daß dadurch vegetative Zellen zunächst zweikernig werden und dann nach Fusion einen Kern mit doppelter Chromosomenzahl enthalten. Da ganz ähnliche Erscheinungen auch in vegetativem Gewebe auftreten, wo Beziehungen zur Fortpflanzung, Sporen- oder Embryobildung usw. ausgeschlossen sind, läßt sich zurzeit noch nicht beurteilen, welche Bedeutung dem von den drei Autoren beobachteten Vorgang zukommt.

**) Literatur bei Ernst, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung des Embryosacks und des Embryos (Polyembryonie) von Tulipa Gesneriana *L.* (Flora, Bd. 88, 1901, S. 37).

Digitized by Google

ziehung ganz und gar an die Vermehrung der Begonien, Torenien usw. durch Blattstecklinge; bei diesen kann sich aus einer Zelle des Blattes eine neue Pflanze entwickeln.

Die angeführten Beispiele für apogame Embryobildung lehren, daß unter Umständen vegetative Zellen dasselbe leisten können wie befruchtete Eizellen. Das führt uns dazu, mit einigen Worten hier auf die sogenannten Pfropfbastarde zu verweisen. Werden beim Pfropfen Angehörige verschiedener Arten als Edelreis und Unterlage miteinander verbunden, so kommt es — allerdings nur in äußerst seltenen Fällen — vor, daß an der Verwachsungsstelle Zweige hervorbrechen, die ähnlich wie sexuell entstandene Bastarde eine Mischung der Charaktere beider Komponenten erkennen lassen. So kennt man ein Laburnum Adami, das als vegetativ entstandener Bastard zwischen Laburnum vulgare und Cytisus purpureus sich erkennen läßt. Neuerdings sind ähnliche Mischformen von Crataegus monogyna und Mespilus germanica eingehend beschrieben worden.*) Die vielen Probleme anzudeuten, die sich in diesen Pfropfbastarden bergen, ist hier nicht der Platz. Wollen wir die Möglichkeit zugeben, daß ohne Fusion von Geschlechtszellen Exemplare mit Mischcharakteren entstehen, so müssen wir annehmen, daß die an der Veredlungsstelle vorbrechenden Triebe sich von einer Zelle herleiten, die durch Vereinigung vegetativer Elemente entstanden ist und daher die Anlagen zu den Charakteren beider Arten in sich birgt. Es wäre wohl vorstellbar, daß ein Übertritt von Kernen verschiedener Art aus einer Zelle in die benachbarte erfolgt, es wäre auch vorstellbar, daß die doppelte Zahl der Chromosome sich bei dem nachfolgenden Teile zur Normalzahl reduziere — aber erwiesen ist für die Pfropfbastardformen vorläufig nichts dergleichen. —

Bei der Apogamie der Farne (Pteris cretica u. v. a.) kann die Bildung der Archegonien und Antheridien umgangen und aus dem Prothallium direkt ein Sporophyt erzeugt werden;

*) Vgl. Noll, Die Pfropfbastarde von Bronvaux. (Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde, 1905.)

Digitized by Google

bei manchen Farnarten treten sogar direkt auf dem Prothallium Sporangien auf. Manchen Farnen ist die Fähigkeit, auf sexuellem Wege Sporophyten zu erzeugen oder auch nur Archegonien zu produzieren, völlig verloren gegangen, während bei anderen Arten auf demselben Prothallium sexuell erzeugte und vegetativ entstandene Pflänzchen zugleich sichtbar werden können.

Das Gegenstück zur Apogamie bildet die Aposporie der Farne, bei welcher die Sporenbildung umgangen wird und aus den Blättern des Sporophyten direkt Prothallien sprossen (z. B. bei Athyrium filix femina).*)

g) Merogonie.

Als Merogonie bezeichnet man die Art der Zeugung, bei welcher das Spermatozoon sich mit einem Stück des Eies und zwar mit einem kernlosen Plasmaballen verbindet. An Seeigeleiern läßt sich verhältnismäßig leicht verfolgen, daß Eitrümmer, die man durch Schütteln der Eier in Wasser erhält, sich mit Spermatozoen verbinden und nach der Befruchtung, bei der es sich selbstverständlich nur um Plasmafusion ohne Kernverschmelzung handelt, kleine Embryonen entstehen lassen. Auch pflanzliche Eier und kernlose Trümmer von solchen können sich mit Spermatozoen verbinden und keimfähige Produkte liefern. Nachdem Rostafinski (1877) an Fucuseiern vor langer Zeit dieses Phänomen beobachtet hat, sind neuerdings von Winkler eingehende Versuche angestellt worden.**)

Die Erscheinungen der Merogonie geben Stoff zu vielerlei wichtigen theoretischen Erörterungen***). Vor allem gibt die

*) Literatur über Apogamie und Aposporie in Sadebecks Bearbeitung der Pteridophyten in Engler-Prantls Natürl. Pflanzenfamilien I, 4. Vgl. auch Digby in Roy. Soc. Proc. 1905, Vol. LXXVI, p. 463.

**) Literatur bei O. Hertwig, Allgemeine Biologie, Jena 1906, S. 325 und Winkler, Merogonie und Befruchtung (Jahrb. f. wiss. Bot. 1901, Bd. XXXVI, S. 753).

***) Im allgemeinen sieht man in dem Zellkern den „Träger der Vererbung" und die bisherigen Beobachtungen an „Bastarden", die durch Verbindung von kernlosen Eitrümmern mit Spermazellen fremder

Digitized by Google

Tatsache zu denken, daß ein Spermatozoon auch ohne Mithilfe eines Eikernes sich zu einem neuen Individuum ausbilden kann, wenn ihm mit dem Eiplasma ein geeigneter Nährboden und damit die Möglichkeit zu gleichsam parthenogenetischer Entwicklung geboten wird. Umgekehrt zeigt sich Eiplasma auch dann, wenn es vom Eikern getrennt worden ist, unter dem Einfluß eines Spermakerns entwickelungsfähig.

h) Geschlechtsverteilung und Geschlechtsbestimmung.*)

Bei denjenigen Pflanzen, deren Sexualität sich in der Verschmelzung verschiedenartiger, also männlicher und weiblicher Zellen betätigt, ist die Frage nach der Verteilung der Geschlechter von großer Bedeutung: die Befruchtung und die Fortpflanzung auf sexuellem Wege wird um so besser gesichert sein, je mehr die Verteilung der Geschlechtsorgane ein gegenseitiges Treffen der Geschlechtszellen fördert, und ferner wird nach dem, was wir oben über die Inzucht und deren Folgen gehört haben, die Fortdauer der Art in guter Qualität und kräftigen Individuen garantiert erscheinen, wenn die Verteilung der Geschlechter Kreuzbefruchtung notwendig oder wenigstens zum vorherrschenden Befruchtungsmodus macht.

Männliche und weibliche Geschlechtszellen können entweder auf einem Individuum entstehen, oder auf getrennte Individuen verteilt sein. Bei den niederen Gewächsen finden sich bereits Beispiele für beide Arten der Verteilung: bei Vaucheria,

---

Arten gewonnen wurden, haben stets ergeben, daß nur väterliche Eigenschaften an dem neuen Lebewesen erkennbar sind; das mütterlicherseits gelieferte Plasma schien also nicht imstande zu sein, mütterliche Artmerkmale auf die Nachkommenschaft zu übertragen. In allerneuster Zeit hat Godlewski bei ähnlichen Bastardierungsversuchen Echinodermenlarven mit mütterlichen Charakteren aufgezogen. Sollten sich diese Ergebnisse bestätigen, so wäre die Lehre von dem Kern als Vererbungsträger einer Revision zu unterziehen (vgl. Sitz.-Ber. Akad. Krakau 1905).

*) Viele Probleme, auf die hier nicht eingegangen werden soll, behandelt Klebs in seinem Schriftchen: Über das Verhältnis des männlichen und weiblichen Geschlechts in der Natur. Jena 1895.

Digitized by Google

bei gewissen Saprolegniazeen (vgl. Fig. 18 und 19), bei vielen Askomyzeten entstehen Antheridien und Archegonien unmittelbar nebeneinander und sind mit ihren Produkten völlig aufeinander angewiesen. Bei anderen, wie bei vielen Fukazeen und Charazeen entstehen zwar Organe beiderlei Geschlechts an dem nämlichen Individuum, aber ihre Verteilung, ihr Entleerungsmodus usw. machen eine Kreuzbefruchtung wenigstens möglich. Unerläßlich wird diese, wenn schließlich Oogonien und Antheridien stets an verschiedenen Individuen entstehen, wie bei Sphaeroplea, bei vielen Moosen (Marchantia usw.).

Bei den heterosporen Archegoniaten wird die Trennung und Verteilung der beiden Arten von Geschlechtszellen auf verschiedene Individuen (Prothallien, Gametophyten) durchgehends Gesetz: die Gametophyten sind bei ihnen „diözisch", die Sporophyten aber insofern „monözisch", als auf demselben Sporophytenexemplar Makro- und Mikrosporangien entstehen.

Bei den Blütenpflanzen meint man stets die Sporophytengeneration, wenn man von Monözie und Diözie spricht: denn bei ihnen kommt als weitere Komplikation der Geschlechtsverteilung der Umstand hinzu, daß Makro- und Mikrosporangien getrennt voneinander auf verschiedenen Exemplaren vorkommen können. Überhaupt sind die Verhältnisse bei ihnen sehr kompliziert und oft nur schwer zu übersehen. Der einfachste Fall wäre dann verwirklicht, wenn — in puncto Verteilung der Geschlechter — bei einer Art alle Individuen einander gleichwertig sind und nur einerlei Blüten, d. h. solche, welche männliche und weibliche Organe nebeneinander enthalten, auf ihnen entstehen (monözische Pflanzen, hermaphrodite Blüten). Die Verteilung der Geschlechter macht zwar bei Gewächsen dieser Art eine Inzuchtbestäubung möglich, sogar besonders wahrscheinlich, doch sind bei den meisten Gattungen und Arten morphologische Eigentümlichkeiten oder biologische (phänologische) Anpassungen zu erkennen, durch welche die Selbstbestäubung erschwert und die Kreuzbefruchtung gefördert wird. Das Studium dieser Einrichtungen ist Aufgabe der Blütenbiologen und wir

Digitized by Google

müssen uns ihre Behandlung hier versagen.*) Ebenso wenig können wir auf die verschiedenen vermittelnden Zwischenformen eingehen, welche von den monözischen Pflanzen mit hermaphroditen Blüten über die monözischen mit weiblichen und männlichen Blüten zu den diözischen führen, bei welchen manche Exemplare nur männliche, andere Individuen nur weibliche Blüten jahraus, jahrein erzeugen. — Weitere Komplikationen werden dadurch bedingt, daß bei vielen Pflanzen Unterschiede zwischen den Blüten einer Spezies auftreten, auch dann, wenn die Geschlechtsorgane in gleicher Weise auf sie verteilt sind. Wir sprachen oben bereits von der sogenannten Heterostylie (vgl. S. 82): die Blüten von Primula sind zwar hermaphrodit, d. h. sie enthalten männliche und weibliche Fortpflanzungsorgane; gleichwohl gibt es zwei Sorten unter ihnen, die sich durch die Länge der Griffel und Staubgefäße und offenbar auch durch die Qualität der von ihnen produzierten Geschlechtszellen irgendwie unterscheiden. Der Dimorphismus der Primulablüten wird noch übertroffen durch den Trimorphismus einiger Sauerkleearten (Oxalis gracilis u. a), von Lythrum Salicaria u. a.**) Unterschiede anderer Art finden sich nicht selten bei denjenigen Pflanzen, deren Blüten „staatenbildend" zu dichten Inflorescenzen oder Blütenständen sich vereinigen: dabei tritt unter den Individuen einer solchen Gemeinschaft eine Art Arbeitsteilung ein. Bei Viburnum Opulus, dem Schneeball, sind die am Rand der doldenähnlichen Inflorescenz stehenden Blüten groß, aber unfruchtbar, die in der Mitte stehenden unscheinbar, aber fertil. Die Blütenbiologen nehmen an, daß die äußeren als „Schauapparate" dienen und Insekten zum Besuch der Blütenstände einladen; die von den Gästen besorgte Pollenübertragung

*) Sehr anregend ist die Lektüre von Chr. K. Sprengels „Entdecktem Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen" (1793). Neuerdings herausgegeben in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften (Leipzig 1894), Bd. 48 ff. — Am ausführlichsten berichtet Knuths dickleibiges Handbuch der Blütenbiologie.

**) Über diese und viele verwandte Fragen vgl. Hildebrand, Die Geschlechterverteilung bei den Pflanzen. Leipzig 1867.

Digitized by Google

kommt freilich nur den unscheinbaren, mit Geschlechtsorganen ausgestatteten Blüten zugute. Besonders kompliziert sind die Blütenverhältnisse bei den Inflorescenzen („Köpfchen") der Kompositen oder Korbblütler, bei welchen die Blüten eines Köpfchens sich durch die Verteilung der Geschlechtsorgane, außerdem aber und oft unabhängig davon noch durch ihre Form — „Randblüten, Scheibenblüten" — unterscheiden.*) Bei manchen Kompositen tritt etwas Ähnliches ein, wie bei den staatenbildenden Insekten: wie sich von den Weibchen unter den Ameisen gleichsam ein „drittes Geschlecht" abspaltet, die Schaar der „Arbeiter", und oft noch als vierte Form weiblicher Individuen das Heer der „Soldaten" erscheint, so finden sich auch bei den hochkomplizierten Kompositen weibliche Blütenindividuen, die gleich den Ameisenarbeitern und -soldaten nur noch verkümmerte Sexualorgane besitzen und mit der Sekretproduktion eine neue, für die Gesamtheit des Blütenstandes wertvolle Funktion übernommen haben: diese „Honigblüten" lassen sich z. B. bei Heterothalamus brunioides noch als Abkömmlinge des weiblichen Geschlechts deutlich erkennen.

Wenn bestimmte Pflanzenindividuen, wie z. B. die Weidenbäume, stets nur männliche oder nur weibliche Blüten tragen, so liegt der Gedanke nahe, daß den Geweben und der lebendigen Substanz der betreffenden Individuen die Fähigkeit zur Produktion des anderen Geschlechts überhaupt abgeht. Ob dabei das Geschlecht eines Weidenbaumes schon im Samenkorn endgültig festgelegt sein mag, oder ob erst die Bedingungen, welche auf das keimende Korn und die junge Pflanze einwirken, hierüber entscheiden mögen, ist eine Frage von größtem Interesse, auf die sich freilich zurzeit noch keine befriedigende Antwort geben läßt. Die Aufgabe, die Bedingungen zu finden, welche das Geschlecht bestimmen, hat von jeher den menschlichen Geist rege beschäftigt, und eine lange Reihe von Theorien, die das

*) Literatur und viele Details bei Uexküll-Gyllenband, Phylogenie der Blütenformen und der Geschlechterverteilung bei den Kompositen (Bibl. bot. Heft 52. Stuttgart 1901).

Digitized by Google

Geheimnis der Knaben- und Mädchengeburten lüften sollten, führt von den naiven Mutmaßungen des Aristoteles zu der mehr aufsehen- als epochemachenden Lehre des Wiener Embryologen Schenk.*) Bei den niederen Tieren — von den Bienen und der Abhängigkeit ihres Geschlechts vom Befruchtungsakt war schon oben die Rede — haben die Untersuchungen hie und da zu positiven Resultaten geführt. Für die Pflanzen fehlen noch alle zuverlässigen Auskünfte. Wohl ist es gelungen, hermaphroditen Pflanzen die Fähigkeit zur Produktion des einen oder des anderen Geschlechts zu nehmen: man hat beobachten können, daß schlecht ernährte Prothallien von Farnen nur Antheridien tragen, daß ferner die männlichen Schachtelhalmprothallien offenbar die minder gut ernährten sind, daß schlecht ernährte Maispflanzen wiederum nur männliche Blüten produzieren; ferner gelang es Klebs, an Vaucheria unter bestimmten Ernährungsverhältnissen einen Überschuß an Antheridien entstehen zu lassen,**) bei Saprolegnia ließ sich die Antheridienbildung durch Mangel an Phosphaten unterdrücken***) u. dgl. m., — aber die Frage, welche Bedingungen darüber entscheiden, ob die Anlage zu einem neuen Individuum männlich oder weiblich sich ausgestaltet, wird dadurch zunächst nicht gefördert.†) Am ehesten läßt sich noch für die niederen Pflanzen eine experimentelle Lösung der Frage erhoffen.

Ähnliche Fragen, wie sie der Vergleich der getrenntgeschlechtlichen Pflanzen ergibt, sind auch bei Betrachtung der

*) Näheres bei Lenhossek, Das Problem der geschlechtsbestimmenden Ursachen. Jena 1902.

**) Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.

***) Jahrb. f. wissensch. Bot. XXXIII, 1899.

†) Hoffmanns Angaben (Über Sexualität, Bot. Zeitg., 1892, S. 145), daß schlechte Ernährung an zweihäusigen Pflanzen eine reichere Entwickelung der männlichen Exemplare bedinge, sind nicht überzeugend; die Frage, ob schlechte Ernährung bei Pflanzen mit hermaphroditen Blüten eine Förderung des männlichen Geschlechts und Unterdrückung des weiblichen bedinge, ist ebenfalls noch nicht als entschieden zu betrachten. — Literaturnachweise bei Uexkuell-Gyllenband a. a. O.

Digitized by Google

einzelnen — männlichen oder weiblichen — Blüten zulässig. Können weibliche Blüten zur Produktion männlicher Organe angeregt werden und umgekehrt? — oder ist das Gewebe, aus dem sich eine weibliche Blüte entwickelt, unter allen Umständen nur zur Produktion weiblicher Organe befähigt? Experimente haben sich noch nicht anstellen lassen; daß aber eine solche Beeinflussung tatsächlich möglich ist, zeigen die getrenntgeschlechtlichen Blüten unserer einheimischen Lychnis dioica: werden weibliche Blüten von dem Brandpilz Ustilago antherarum infiziert, so entstehen in ihnen Staubgefäße neben den weiblichen Organen. Bei Lychnis vespertina geht die anormale Bildung männlicher Organe Hand in Hand mit einer Unterdrückung der weiblichen. Mit Giard*) wollen wir die Beeinflussung des Geschlechtes durch Parasiten als „castration parasitaire" bezeichnen; im Tierreich sind übrigens entsprechende Erscheinungen anscheinend weiter verbreitet als im Pflanzenreich. Die angeführte durch Ustilago antherarum bedingte Blütenmetamorphose liefert uns den Beweis dafür, daß es nur von bestimmten Bedingungen abhängt, ob Geschlechtsorgane der einen oder andern Art gebildet werden, und es nicht den unwandelbaren Eigenschaften bestimmter Pflanzenteile zuzuschreiben ist, wenn an ihnen bald männliche, bald weibliche Geschlechtsorgane entstehen. Aufgabe der zukünftigen Forschung wird es sein, diese Bedingungen näher zu präzisieren und im Experiment anwendbar zu machen.

*) Gute Zusammenstellung im Exposé des Titres et Travaux scientifiques (1869—1896) de A. Giard. Paris 1896.

Digitized by Google

Schlußbetrachtungen.

Es gibt nur sehr wenige Entwickelungsprozesse, die unter den verschiedenen Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches eine so enorme Verbreitung haben, wie die Vorgänge der Befruchtung. Schon diese große Verbreitung bei sonst ganz ungleichartigen Lebewesen muß den Erscheinungen der Sexualität ein besonderes Interesse sichern und führt von selber zu der Frage, was für eine Rolle im Leben der Organismen der Sexualakt spielen mag, und ob diesem noch ein besonderer „Sinn" zugrunde liegt. Besonders nahe liegt die Frage dann, wenn wir bei Pflanzen oder niederen Tieren die Vermehrung unabhängig vom Sexualakt gesichert sehen. Die sexuelle Betätigung scheint oft genug nicht unerläßlich für die Erhaltung der Art, und es drängt sich die Annahme auf, daß mit ihr für die Organismen noch irgendein besonderer Vorteil sich verbinden könne. Die „Theorien der Sexualität", die man ersonnen hat, suchen hierüber Aufschluß zu geben.

Weiterhin: auch der einzelne Befruchtungsakt an sich birgt so viel Rätselhaftes. Die Erkenntnis, die zuerst an Oedogonium und an Seeigeleiern — s. o. S. 27 u. 28 — gewonnen wurde, daß nämlich zwei Zellen und zwei Kerne sich miteinander vereinigen „müssen", damit ein neues Individuum entstehen kann, befriedigt nicht, am allerwenigsten, wenn man sich der besonderen Fälle, wie sie Parthenogenese und Merogonie bieten, erinnert. Wir sprachen bereits oben davon, daß die Eizelle an sich schon alles für den neuen Organismus Notwendige zu enthalten scheine: woher kommt es nun, daß im allgemeinen die Eizelle sich erst mit einer männlichen Zelle verbinden, der Eikern

Digitized by Google

mit einem Spermakern zusammenfließen muß, damit das Ei die in ihm liegenden Anlagen entwickelt? Worin besteht der Einfluß der befruchtenden Samenzelle, und was ist eigentlich das Wesen der Befruchtung? Allerhand „Theorien der Befruchtung" versuchen, eine Antwort auf solche Fragen zu geben, und wir wollen zum Schluß mit kurzen Worten der theoretischen Erwägungen einiger Forscher gedenken, — wenn sie auch keine befriedigend klare Antwort uns werden geben können.

Theorie der Befruchtung.

Man hat das reife Ei mit einem aufgezogenen Uhrwerk verglichen, das nur eines Anstoßes bedarf, um abzulaufen, d. h. durch Zellenteilung die Entwicklung eines neuen Individuums einzuleiten. Dieser Anstoß kommt beim normalen Gang der Dinge offenbar vom Spermatozoon. Fraglich bleibt nur, was eigentlich das Spermatozoon in das komplizierte System der reifen Eizellen hineinträgt. Vielleicht ist irgendein geformter Bestandteil, ein besonderes Zellenorgan die wesentliche Gabe des Spermatozoons, vielleicht ist es ein besonderer chemischer Stoff, der zur Entwicklung der Eizelle nötig ist, und der dem unbefruchteten Ei abgeht.

Als chemische Theorien der Befruchtung kann man diejenigen bezeichnen, die mit einem besonderen, dem Spermatozoon eigentümlichen Stoffe rechnen. Solche Stoffe chemisch definieren zu können, ließ sich freilich nicht hoffen; die Bemühungen der Autoren konnten zunächst nur darauf gerichtet sein, überhaupt einen wesentlichen Unterschied in den chemischen Qualitäten der Ei- und Samenzelle glaubhaft zu machen. Von den Beobachtungen und Deutungen, die sich hier anführen ließen, nennen wir nur die von Auerbach*) mitgeteilten: bekanntlich sind die

*) Über einen sexuellen Gegensatz in der Chromatophilie der Keimsubstanzen nebst Bemerkungen zum Bau der Eier und Ovarien niederer Wirbeltiere. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Berlin 1891. Bd. XXXV.

Digitized by Google

Chromatinanteile der Kerne mit Anilinfarbstoffen leicht zu färben — die Färbbarkeit hat ihnen ihren Namen eingetragen; Auerbach fand nun, daß männliche und weibliche Kerne verschiedenartigen Farbstoffen gegenüber sich ungleich verhalten, die männlichen zeigten eine besondere Vorliebe für Blau, die weiblichen für Rot. Auerbach bezeichnete die Vorliebe für blaue und rote Farben — Methylenblau, Methylgrün u. a. einerseits, Karmin, Eosin, Fuchsin andererseits — als Kyanophilie und Erythrophilie und folgerte: „Nach allem ist der sexuelle Gegensatz begründet auf zwei Substanzen, die sich qualitativ dadurch unterscheiden, daß die männliche kyanophiler, die weibliche erythrophiler Natur ist." Damit schien ein wichtiger Qualitätsunterschied nachweisbar geworden zu sein, dessen Bedeutung neuerdings aber aus mehr als einem Grunde hat angezweifelt werden müssen. Wir gehen nur kurz auf A. Fischers Meinung*) ein, nach der lediglich Unterschiede in der Dichte des Kernes die Erscheinungen ungleichartiger „Chromatophilie" herbeiführen. —

Weiterhin sei auf die Ergebnisse Winklers und Loebs verwiesen. Winkler**) konnte es wahrscheinlich machen, daß Seeigeleier nicht eines geformten Bestandteiles der Spermatozoonzelle bedürfen, um zur Entwicklung zu kommen, sondern daß die in den männlichen Geschlechtszellen enthaltenen Stoffe zur Teilung anregen, die auch dann noch wirken, wenn man sie in Form eines Preßsaftes zu den Eiern bringt. Allerdings dürfen wir nicht vergessen, daß dieselbe Wirkung nicht nur von den komplizierten Inhaltsstoffen der Spermatozoen ausgeht, sondern auch durch Zusatz einfacher, chemisch wohlbekannter Stoffe, wie Chlormagnesium usw. sich erzielen läßt. Loeb, dem wir

*) Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Kritische Untersuchungen über Technik und Theorie in der neueren Zellforschung. Jena 1899.

**) Über die Furchung unbefruchteter Eier unter der Einwirkung von Extraktivstoffen aus dem Sperma. (Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wissensch. Göttingen 1900, H. 2.)

Digitized by Google

die grundlegenden Versuche über die „parthenogene" Wirkung chemischer Stoffe verdanken,*) hat auf seine Experimente eine Befruchtungstheorie begründet, nach der irgendwelche Stoffe, die nach Art der Fermente zu wirken imstande seien, in den Spermatozoen vorhanden wären, durch deren Gegenwart gewisse Vorgänge und Umsetzungen, die auch ohne jene Stoffe schon in langsamem Tempo erfolgen könnten, gewaltig beschleunigt würden („katalytische" Wirkung nach Ostwald): diese Vorgänge und Umsetzungen — bestehend in Entwicklung des Eies zum Embryo — spielen sich in der Eizelle an sich so langsam ab, daß darüber diese zugrunde geht, wenn nicht ein beschleunigend wirkender Stoff — Spermatozoenstoffe, Chlormagnesium usw. — dazutritt. Diese geistvolle Theorie, die aus dem Befruchtungsproblem eine Frage der physiologischen Chemie macht, kann vorläufig um so weniger auf allgemeine Anerkennung rechnen, als die Lehre Ostwalds von Stoffen, deren Wirkung in der Beschleunigung von Vorgängen liegt, die ohne jene sich sehr langsam, unendlich langsam abspielen, ebenfalls noch vielfach angezweifelt wird.

Wir verlassen die chemischen Theorien ohne Befriedigung; die Lehre derjenigen Autoren, welche das Wesen der Befruchtung in der Übertragung bestimmter Zellenanteile und Zellenorgane finden, wird uns keine bessere Auskunft geben.

Nachdem O. Hertwig die Verschmelzung von zwei Kernen als wesentlich für den Sexualakt erkannt hatte, lag nichts näher, als eben in dieser Verschmelzung den auslösenden Akt zu sehen, der das Ei zu weiterer Entwicklung anregt. Als später van Beneden zeigte, daß beim Ei der Pferdespulwürmer (Ascaris megalocephala) Eikern und Spermakern zur Teilung sich anschicken, ohne daß sie sich zunächst vereinigt hätten, schien es klar, daß die Verschmelzung der Kerne selbst nicht den Anstoß zur Entwicklung abgebe, und van Beneden suchte mit seiner

*) Neuerdings erschienen die Abhandlungen als Studies in general Morphology. Chicago-London 1905.

Digitized by Google

„nuklearen Ersatztheorie"*) zu zeigen, daß die Vereinigung von Ei- und Spermakern in der befruchteten Eizelle dieser den „hermaphroditen" Charakter wiedergebe, der im allgemeinen allen Zellen eigen sei und nur den Geschlechtszellen fehle. Die Theorie wird kaum durch irgendwelche Beobachtungen sich stützen lassen.

Boveri nimmt an, daß die unbefruchtete Eizelle deswegen sich nicht teilt, weil das Zellenorgan, unter dessen Einfluß Kern- und Zellenteilung sich vollziehen, dem Ei fehlt: das Zentrosom. Dieses Organ, das zu erwähnen wir bisher keine Veranlassung hatten, liegt neben dem Kerne als kleines Körnchen, und der Kernteilung geht stets eine Teilung des Zentrosoms voraus. Freilich ist das Zentrosom vorläufig nur für tierische Zellen als allgemein verbreitet erkannt worden; im Pflanzenreich ist es bisher nur bei manchen Kryptogamen nachweisbar gewesen. Wenn sich nun die Eizelle erst nach Einführung des Spermatozoons teilt, so findet Boveri den Grund dafür darin, daß durch dieses ein Zentrosom in die Eizelle eingeführt wird.**) Von Interesse ist, daß diese wichtigen Organe bei Eiern, die nach Loebs Methoden zu parthenogenetischer Entwicklung gebracht werden, aus dem Protoplasma neu gebildet werden.***)

Ob wir nun in diesen Beobachtungen eine Stütze der Boverischen Theorie finden wollen oder nicht, jedenfalls spricht der Umstand, daß bei Pflanzen zwar Zentrosome im allgemeinen fehlen, der Befruchtungsvorgang sich aber bei ihnen ebenso abspielt wie bei den Tieren, nicht für die Richtigkeit der

*) Näheres bei Boveri: „Befruchtung" in Merkel-Bonnet: „Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte". Bd. I, 1891. S. 386, Rich. Hertwig: Über Wesen und Bedeutung der Befruchtung (Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wissensch. München 1902. Bd. XXXII) u. a.

**) Außer der eben zitierten Arbeit ist noch zu vergleichen: Boveri, Das Problem der Befruchtung. Jena 1902.

***) Vgl. T. H. Morgan: The production of artificial Astrosphaeres (Arch. f. Entwickl.-Mech. Bd. III, 1896.) und E. B. Wilson, Experimental Studies in Cytology I. A cytological Study of artificial Parthenogenesis in Sea-urchin Eggs. (ebd. Bd. XII, 1901).

Digitized by Google

Theorie: denn daß das Wesen der Befruchtung bei Tieren und Pflanzen nicht in denselben Faktoren begründet wäre, ist kaum anzunehmen. Überdies vermissen wir bei allen angeführten Erklärungsversuchen die Berücksichtigung der isogamen Befruchtung, von der sich doch wohl annehmen läßt, daß im Grunde bei ihr ähnliche Auslösungsvorgänge im Spiel sind wie bei der heterogamen Sexualität. Kurzum, es fehlt bisher durchaus an einer akzeptablen Theorie der Befruchtung, die die mannigfaltigen Erscheinungen der Pflanzensexualität erklären könnte.

Theorie der Sexualität.

Angenommen, es wäre ermittelt worden, welcher Art der Anstoß ist, den die Spermazelle der Eizelle bringt, oder den die Gameten einander bringen, so wäre noch die Frage zu lösen, *wozu* wohl die komplizierten Vorgänge der Sexualität in den Entwicklungsgang der Generationen sich einschalten, und welches der *Sinn* dieser so weitverbreiteten Erscheinung sein mag.

Zwei Theorien sind aufgestellt worden: die erste sieht im Sexualakt und der sexuellen Erzeugung neuer Zellen- und Individuengenerationen eine *Verjüngung* des lebenden Materials. Zellen, die unablässig sich teilen, werden nach und nach „altersschwach", und dieser Degeneration macht die sexuelle Vereinigung von je zwei Zellen ein Ende. Wir sprachen schon oben (S. 18) von uralten Kulturpflanzen, die seit Jahrtausenden von Menschenhand auf vegetativem Wege vermehrt werden. Wenn die „Verjüngungstheorie" richtig ist, müssen an ihnen am ehesten Degenerationssymptome sich nachweisen lassen.

Der Kartoffelpflanze zunächst läßt sich nicht nachsagen, daß ihre Qualitäten durch die fortgesetzte Vermehrung auf vegetativem Wege gelitten hätten.*) Der Feigenbaum wird seit mindestens vier Jahrtausenden, der Weinstock vielleicht seit 6000 Jahren und die Banane wohl noch länger vom Menschen kultiviert und durch

*) Weitere Angaben und Beiträge zu dieser Frage z. B. bei Möbius, Beitr. z. Lehre v. d. Fortpfl. d. Gewächse (Jena 1897).

Digitized by Google

Stecklinge vermehrt, gleichwohl ist von einer „Altersschwäche" nichts zu merken, und keinerlei Anzeichen sprechen dafür, daß die „Blutauffrischung" durch sexuelle Betätigung und Sämlingskultur, wie sie von manchen Züchtern wohl auf halb mystisch-naturphilosophische Erwägungen hin gefordert wird, wirklich unerläßlich sei. Überall, wo Siechtum und Niedergang bei den durch Stecklinge vermehrten Kulturpflanzen eintritt, z. B. bei den Pyramidenpappeln, haben wir allen Grund, nicht in der vegetativen Vermehrungsweise die causa morbi zu suchen, sondern in Parasiten und unzureichenden Ernährungsverhältnissen, unter welchen Sämlinge ebenso zu leiden haben würden wie Stecklinge.

Durchaus dieselben Resultate gewinnen wir bei Untersuchung der niederen Lebewesen. Gerade bei diesen lassen sich in verhältnismäßig kurzer Zeit beweiskräftige Beobachtungen anstellen, da bei ihnen die Generationen so schnell folgen: von Phycomyces beispielsweise, dem in physiologischen Laboratorien unentbehrlichen Schimmelpilz, werden seit langem ungezählte Generationen aus den auf ungeschlechtlichem Wege entstandenen Sporen gezüchtet, ohne daß irgendwelche regressive Veränderungen in der Qualität erkennbar wären u. dgl. m. Gleichwohl sei auch der Forschungsergebnisse gedacht, die scheinbar in entgegengesetztem Sinn sprechen. Maupas*) hat gezeigt, daß Infusorien, welchen man die Kopulation durch allzu üppige Ernährung unmöglich macht, schließlich eine „senile Degeneration" erfahren und zugrunde gehen. Die sexuelle Betätigung soll die Bedeutung eines „rajeunissement karyogamique" haben; wird sie unterdrückt, so altern die Organismen und sterben dahin. Bei Beurteilung der wichtigen, oft diskutierten Experimente Maupas' wird aber wohl vor allem in Rücksicht zu ziehen sein, daß das Absterben mit noch größerer Wahrscheinlichkeit auf die unzulänglichen Lebensbedingungen zurückzuführen ist als auf das Ausbleiben der sexuellen Fusion.

*) Recherches expérimentales sur la multiplication des Infusoires ciliés (Arch. zool. expér. Sér. II, T. IV, 1888).

Digitized by Google

Ein weiteres Beispiel liefern die Diatomeen: da die Teilstücke sich immer derart zu einem Ganzen ausbilden, daß innerhalb der vom Mutterindividuum ererbten Schalenhälfte das fehlende Stück zur Ergänzung gebildet wird, hat man angenommen, daß die Individuen nur kleiner, niemals größer werden können, und daß der ständigen Verkleinerung schließlich durch geschlechtliche Kopulation und Sporenbildung, durch sogenannte Auxosporen (s. S. 39), ein Ende gemacht wird, da aus diesen wieder normal große Exemplare entstehen können. Hiergegen ist einzuwenden, daß die Auxosporenbildung gleich andern Fortpflanzungsprozessen in erster Linie von den jeweils wirksamen Ernährungsbedingungen abhängig ist,*) und daß ferner noch nicht genügend sicher gestellt ist, ob die Diatomeenschalen nicht imstande sind, durch nachträgliches Flächenwachstum sich zu vergrößern. Aus dem Verhalten der Diatomeen werden wir daher ebenfalls keine allgemeinen Schlüsse für unser Problem ziehen dürfen. —

Vielleicht gibt uns die zweite Theorie eine bessere Lösung. Nach ihr liegt der Sinn der geschlechtlichen Vereinigung darin, daß zwei Individuen ihre Qualitäten mischen. Jedermann weiß, daß die Nachkommen allerhand Eigenschaften von ihren Erzeugern erben, und daß der väterliche Organismus, der nur ein winziges, fast nur aus Kernsubstanz bestehendes Spermatozoon liefert, auf die Ausgestaltung des neuen Individuums keinen geringeren Einfluß hat als der mütterliche. Eine Qualitätenmischung findet zweifellos bei der Befruchtung statt. Aber wie wird sie im einzelnen wirken, und wie sollen wir uns ihren Nutzen für die Art vorstellen? Sollen wir mit O. Hertwig oder Strasburger annehmen, daß die sexuelle Erzeugung neuer Individuen einen Ausgleich individueller Abweichungen herbeiführt und das Bild der Spezies rein erhält? Oder sollen wir Weismann folgen, der durch die Mischung, die „Amphimixis", eine besonders mannigfaltige Verteilung der

*) Näheres bei Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1904. Bd. I, S. 122.

Digitized by Google

Vererbungssubstanzen zustande kommen sieht, die ihrerseits die Fülle individueller Variationen bedingt, aus welchen nach und nach durch die Selektion neue Arten entstehen?*) Der Spekulation steht nach beiden Richtungen hin der Weg offen: solange keine Tatsachen vorliegen, die endgültig über den Effekt der Qualitätenmischung zu entscheiden gestatten, werden wir nicht glauben dürfen, in ihr den Sinn der Sexualitätsbetätigung und ihren Wert für die Arten und die Lebewelt überhaupt wirklich gefunden zu haben. Überdies, können wir nicht bei dieser Theorie dieselben Einwände machen wie gegen die vorigen? Es fehlt nicht an Gewächsen, deren Zellen und Zellenahnen schon seit Jahrtausenden keine Amphimixis mehr durchgemacht haben, — und auch ohne sie entwickeln sie sich weiter und gedeihen und produzieren neue Formen und Rassen. Und schließlich: werden wir auch bei denjenigen Fällen an eine wirksame Qualitätenmischung glauben können, in welchen Zellenabkömmlinge derselben Pflanze, Zellen des nämlichen Zellenfadens oder gar Schwesterzellen, die soeben durch Teilung ihrer gemeinsamen Mutterzellen entstanden sind, sich sexuell vereinigen? Solche Fälle sind freilich selten, und die Hauptmasse der Pflanzen hält es mit der „Kreuzbefruchtung". Aber selbst für diese scheint es bisher nicht gelungen zu sein, in der Mischung der Charaktere, die unzweifelhaft in fast allen Fällen eine Folge des Sexualaktes wird sein müssen, die Bedeutung oder den „Zweck" sexueller Betätigung glaubhaft nachzuweisen.

Unsere Betrachtungen über Theorie der Befruchtung und Sexualität haben uns somit zu einer nur geringen Ausbeute verholfen. Vielleicht kommt einmal in einige der hier angedeuteten Probleme mehr Klarheit, wenn wir über die phylogenetische Entwicklung der Organismen und durch Experimente über Variation und Artenbildung besser orientiert sein werden.

*) Über die Lehre von der Amphimixis vgl. Weismanns Vorträge über Deszendenztheorie. Jena 1902.

Digitized by Google

Register.

Von den Autorennamen sind nur diejenigen aufgenommen, die bereits der Geschichte der Wissenschaft angehören.

Adventivembryonen 97.
Ägidium 13, 14, 57 ff.
Affinität, sexuelle 79.
Aglaozonia 65.
Albugo 52.
Alchimilla 90, 96.
Algen, vegetative Vermehrung 10.
Allium 8, 97.
Ameisen 103.
Amici 25.
Amphimixis 113.
Angiospermen 74.
Antennaria 90.
Antheridien 26, 43, 62 ff.
Antipoden 75.
Apfelsäure 79.
Apogamie 96 ff.
Aposporie 96 ff.
Arbeiterinnen 89.
Archegoniaten 62 ff.
Archegonien 26, 62 ff.
Aristoteles 20, 104.
Armleuchtergewächse 45.
Arum 15.
Ascus 49.
askogene Hyphen 51, 52.
Askogon 54.
Askomyzeten 49, 60, 90, 93.
Aspergillus 12.
Aspidium 21, 67.
Asplenium Fabianum 9.
Aszidien 83.
Athyrium 21, 99.
Auerbach 107.
Augen, zum Okulieren 5.
— der Kartoffeln 8, 18.
— schlafende 7.
Augenfleck 37.
Augenpunkt 16.
Ausläufer 7.
Autogamie 61.
Autonomie der Kernanteile 30.
Auxosporen 39, 90, 113.
Azolla 4, 11.
Azygosporen 92.

Bärlappgewächse 64.
Bakterien 10, 32 ff.
Bangiazeen 48, 55.
de Bary 49 ff.
Basidien 13, 14, 59.
Basidiobolus 81.
Basidiomyzeten 59
Bastardierung 24, 84 ff., 99.
Bauchkanalzelle 62.
Befruchtung, Allgemeines 23 ff., 107.
Begonia 6.
Berberitze 57, 82.
Bienen 89.
Bingelkraut 21 ff.
Blattläuse 89.
Bock 21.
Bologna 22.
botanische Gärten 22.
Botrydium 39.
Boudiera 52.

Digitized by Google

Brandpilze siehe Ustilagineen.
Brassica 95.
Braunalgen 14 ff., 37 ff., 45 ff.
Brefeld 55.
Bromeliazeen, Schleimfluß 48.
Brutknospen 7, 11.
Brutkörper 11.
Brutzellen 11.
Brutzwiebeln 7.
Bryonia 92.
Bryophyllum 6, 7.
Bryopsis 41.

Caelebogyne 9 .
Cäsalpin 21.
Camerer (Camerarius) 22.
Cardamine 7.
castration parasitaire 105.
Ceratium 39.
Chalaza 74.
Champignon 59.
Charazeen 45.
Chara 46, 90.
Chemotaxis 16, 80.
Chlorophyzeen siehe Grünalgen.
Chromatin 29.
Chromatophilie 108.
Chromatophoren 35.
Chromosome 29 ff, 66.
Chromotaxis 83.
Ciona 83.
Citrus 97.
Cladostephus 16.
Closterium 61, 84.
Coleochaete 65
Collema 53.
Corethron 81, 39.
Cornus 21.
Cosmarium 61, 84.
Crassula 6.
Cutleria 42, 65, 92.
Cycas 71.
Cytisus 98.

Dattelbäume 20.
Debarya 35.
Desmidiazeen 35.
Diatomeen 10, 38, 90, 113.
Dicranophora 41.
Diktyogazeen 46.
Diözie 101.
Dioskorides 21.
Dipodascus 48.
doppelte Befruchtung 73 ff., 77.
Drohnen 89.

Ectocarpus 42, 91.
Eiapparat 75 ff.
Eichen, Schleimfluß 49.
Eiweißverbindungen 79.
Eizelle 26, 42.
Elateren 63.
Embryo 26, 64.
Embryosack 70 ff.
Empusa 90.
Endomyces 49.
Endosperm 70 ff., 73 ff.
Endospermkerne 75 ff.
Entomophthora 41.
Enzystierung 61.
Erdbeere 7.
Eremascus 48.
Erythrophilie 108.
Eurotium 52.

Farne 9, 26, 62 ff., 79.
Feige 20.
Fichte 70.
Filix 21.
Flagellaten 32, 33. 61.
Flechten 11, 53, 90, 93.
Florideen 49, 55.
fraktionierte Endospermbildung 73.
Fruchtblätter 74.
Fruchtknoten 74.
Fucus 45, 99.
Funkia 97.

Gallwespen 89.
Gametangium 37.

Digitized by Google

Gameten 34 ff.
Gametophyt 65.
Gegenfüßlerinnen 75.
Gehilfinnen 75.
Geißeln der Bakterien 10.
Gemmen 12.
Generationswechsel 65.
generativer Kern 76.
Gerste 81.
Geschlechtsbestimmung 100.
Geschlechtskeulen 36.
Geschlechtsverteilung 100.
Ginkgo 71.
Gnetum 73.
Goethe 25.
Gramineen 75.
Grew 22.
Griffel 24.
Großkern 61.
Grünalgen 14 ff., 37.
Gurke 95.
Gymnoascus 52.
Gymnospermen 69.

Halbkerne 60.
Halskanalzelle 62.
Hauptkern 61.
Hefen 46, 81.
Herodot 20.
O. Hertwig 28.
Heterogamie 34.
Heterosexualität 34.
heterospore Archegoniaten 66 ff.
Heterosporie 67 ff.
Heterostylie 82, 102.
Heterothalamus 103.
Hofmeister 26.
Homosexualität 34.
homospore Archegoniaten 62 ff.
Honigblüten 103.
Hutpilze 13.
Hymenium 13.
Hyphen 12.

Integument 71 ff.
Inzucht 81 ff.
Isogamie 34.
Jungius 21.

Kallus 4.
Karpogon 50.
Kartoffel 7, 111.
Karyogamie 14, 56 ff.
Karyotaxis 83.
katalytische Wirkungen 109.
Kerndurchtritt 59.
kernlose Früchte 95 ff.
Kleinkern 61.
Kleistogamie 82.
Knoblauch 8.
Knollen 8.
Kölreuter 24.
Kohlhernie 33.
Kompositen 103.
Konidien 12, 60.
Koniferen 4, 6.
Konjugaten 35 ff., 90.
konjugierte Kerne 60.
Kotyledon sog. der Farne 26.
Kräuterbücher 21.
Kryptogamen, Sexualität 26.
Kulturpflanzen 111.
Kyanophilie 108.

Laboulbeniazeen 55.
Laburnum 98.
Laubmoose 79.
Lebermoose 10, 63, 79.
Leguminosenknöllchen 22.
Lemna 3.
Lilium 75, 95.
Linde 6.
Linum 82.
Löwenzahn 5.
Lonicera 95.
Lunaria 95.
Lunularia 11, 67
Lychnis 105.
Lythrum 102.

Digitized by Google

Makrosporangien 67 ff.
Makrosporen 67 ff.
Malpighi 22.
Marchantia 11, 67, 101.
Marchantiazeen 64.
Marsilia 92.
Massenkopulation 52.
Mattioli 21.
Meltau 50.
Mendel 86.
Mercurialis 21 ff
Merogonie 99.
Metamorphose nach Goethe 25.
Mikrosporangien 67 ff.
Mikrosporen 67.
Millington 22.
Mirabilis 85.
Mikropyle 25, 74.
Monoblepharideen 44.
Monözie 101.
Moose, Entwicklung 26, 62 ff.
Mooskapsel 27.
Morchel 49.
Morchella 49.
Mougeotia 81, 89.
Mucor 15, 36, 86.
Mukorineen 15.
Myxomyzeten 33.
Myzel 12.

Nägeli 26.
Navicula 38.
Nebenkern 61.
Nucellus 70 ff., 97.
nukleare Theorie der Befruchtung 109.

Oedogonium 27, 92.
Okulieren 5.
Oogonien 43.
Ookinet 33.
Oosporen 42 ff.
Oomyzeten 42 ff.
Oophyzeen 42 ff.
Osphären 42 ff.
Orchideen 94.
Ortsveränderung 35.
Ovozyten 94.
Oxalis 102.

Pädogamie 62.
Padua 22.
Paeonia 95.
Papaver 95.
Pappel 4, 5, 112.
Paramaecium 61.
Parthenogenese 89, 110.
Parthenokarpie 93.
Parthenosporen 92.
Peperomia 6.
Penicillium 53.
Peridie 13.
Peridineen 39.
Peronospora 45.
Peziza 56.
Pfropfbastarde 98.
Pfropfen 5, 98.
Phänophyzeen siehe Braunalgen.
Phallusia 83.
phototaktische Schwärmer 16.
Phycomyces 40, 112.
Phyllosiphon 15.
Phytophthora 12, 45.
Picea 70.
Pisa 22.
Plakophyten 38.
Plasmodiophora 33.
Plinius 20.
Poa 9.
Pollenkorn 71 ff.
Pollenschlauch 25, 71 ff.
Pollinodium 50.
Polyembryonie 72.
Polygonum 21.
Polypodium 62, 67.
Polyspermie 87.
Polytoma 61.
Primula 82.
Pringsheim 27.

Digitized by Google

Promyzel 48, 56 ff.
Prothallium 26, 62 ff.
Protoplasma 28.
Protosiphon 88, 91.
Protozoen 112.
Pteridophyten siehe Farne.
Pteris 98.
Puccinia 13, 57 ff.

Rajeunissement karyogamique 112.
Randblüten 103.
Reduktion der Chromosome 30.
Regeneration 4 ff.
Reifung der Eier 94.
Rhizopus 86.
Rhododendron 95.
Rhodophyzeen 46, 55.
Rhynchonemakopulation 81.
Richtungskörperchen 94.
Ricinus 23.
Robinia 94.
Roggen 82.
Rohrzucker 79.
Rosen. Okulieren 5.
Rostpilze siehe Uredineen.
Rotalgen siehe Rhodophyzeen.

Saccharomyces 49.
Samenbildung 69 ff.
Samenknospe 25.
Samenpflanzen 69 ff.
Samenschale 72.
Samenzellen siehe Spermatozoen.
Saprolegniazeen, Saprolegnia 15, 44, 80, 90, 104.
Schachtelhalme 64.
Scheibenblüten 103.
Schelver 25.
Schimmelpilze 13.
Schizosaccharomyces 47.
schlafende Augen 7.
Schleimflüsse 48, 49.
Schleuderzellen 63.
Schwarzwurzel 5.
Scorzonera 5.
Sedum 6, 9.
Selaginella 68.
Selaginellen 67.
Selbstbefruchtung 81 ff.
Selbststerilität 82.
Sexualität, Allgemeines 111.
sexuelle Vermehrung 19 ff.
Siphoneen, vegetative Vermehrung 10.
Sirogonium 41.
Soredien 11.
Spermatien 46, 54, 93.
Spermatozoen 23, 26 ff. 42.
Spermatozoiden siehe Spermatozoen.
Spermogonien 54.
Sphaeroplea 43, 101.
Sphaerotheca 50.
Spirogyra 40 ff., 61, 80, 81, 88 ff.
Sporangien 14 ff., 64.
Sporen 12.
— endogene 14.
— exogene 14.
Sporenpflanzen 69.
Sporidien 56 ff.
Sporodinia 36, 92.
sporogene Fäden 55.
Sporogon 63.
Sporophyt 65.
Sprossung 46.
Stauden 3.
Stecklinge 4 ff.
Steinpilz 59.
Stolonen 7
Strasburger 28 ff.
Suspensoren 36.
Synapsis 30.
Synkaryon 60.

Taraxacum 5, 90.
Teilung, Vermehrung durch T. 3.
Teleutosporen 57 ff.
Thalictrum 90.

Digitized by Google

Theophraſt 20, 95.
Thuret 27.
Tomentella 14.
Trichogyne 51 ff.
Trypanosoma 33.
Tüpfelfarn 62.
Tulipa 97.

Ulmus 74.
Ulothrix 15, 16, 37 ff., 92.
Unger 26.
Uredineen 13, 57 ff., 65, 84.
Uredoſporen 57, 58.
Uſtilagineen 49, 56.
Ustilago antherarum 105.

Vaucheria 16, 17, 43, 100, 104.
Vegetative Vermehrung 3.
vegetativer Kern 76.
Vererbung 86, 99.
Verjüngung durch Sexualität 111.
Vermehrung, Bedingungen 17, 18.
Veronica 21.
Viburnum 102.
Vitis 95.
vivipare Pflanzen 9.

Wachstumsbewegung 35.
Waſſerfarne 67.
Waſſerlinſen 3.
Weismann 31 ff., 114.
Wolff, Chr. 22.
Woroninſche Hyphe 53.
Wurzelſtecklinge 5.

Xenien 77.

Zea 23.
Zellfuſion 27 ff.
Zellkern 28, 38.
Zentroſom 110.
Zerfall, Vermehrung durch Z. 3.
Ziliaten 61.
Zooſporangien 15 ff.
Zooſporen 14 ff
Zwiebeln 8.
Zygnophyzeen 32.
Zygnemazeen 35.
Zygophyzeen 33 ff.
Zygomyzeten 33 ff.
Zygoſporen 33 ff., 61.
Zytoplaſma 28.
Zytotaxis 83.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig.

Streifzüge durch Wald und Flur. Von Professor B. Landsberg. Eine Anleitung zur Beobachtung der heimischen Natur in Monatsbildern. Für Haus und Schule bearbeitet. Dritte Auflage. Mit 84 Illustrationen nach Originalzeichnungen von Frau H. Landsberg. In Leinwand gebunden ℳ 5.—

„Nicht einmal, sondern öfter haben mir gegenüber auf Spaziergängen Freunde ihr Bedauern darüber geäußert, daß sie so wenig das Sehen gelernt hätten, und daß ihnen deshalb das Herumgehen im Freien langweilig sei. Das vorliegende Buch ist in ausgezeichneter Weise geeignet, zum Sehen und Beobachten anziehender Vorgänge im Reiche der belebten Natur, wozu an allen Orten reichlich Gelegenheit ist, anzuleiten. Schon die Lektüre dieses lebendig geschriebenen Buches ist sehr lehrreich und fordert geradezu heraus, selbst Naturvorgänge zu beobachten. Die Darstellung ist gemeinverständlich und doch streng wissenschaftlich, getragen von durchaus modernen Anschauungen. Die ganze Natur gleicht einem aufgeschlagenen Buche, in dem man mühelos überall die interessantesten Dinge lesen kann, wenn man eben das Lesen in dem Buche der Natur gelernt hat. Niemand mehr, der dieses Buch als seinen Führer erwählt hat, wird gleichgültig im Freien herumgehen, sondern er wird überall und jederzeit etwas finden, das sein Denken beschäftigen wird. Eine gewisse Befriedigung wird in die Brust einziehen. Die Lektüre dieses schön ausgestatteten Buches kann nur aufs wärmste empfohlen werden." (Literarische Rundschau.)

Exkursionsflora für Nord- und Mitteldeutschland. Von Dr. K. Kraepelin. 5. Aufl. Biegsam in Leinwand geb. ℳ 4.—

„. . . Selbstverständlich wird nach dem natürlichen System bestimmt, auf Wunsch aber hat der Verfasser die Linnéschen Klassen beigefügt. In der Nomenklatur ist er der Flora von Garcke treu geblieben. Die Art und Weise, mit der das Bestimmen vereinfacht worden ist, ist praktisch sehr bewährt." (Zeitschr. f. lateinlose höh. Schulen. 1897. 9/10.)

Unsere Pflanzen, ihre Namenserklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben. Von Dr. Franz Söhns. 3. Aufl. In Leinwand gebunden ℳ 2.60.

„Das ist ein Büchlein, an dem man aufrichtige Freude haben kann. Die Poesie blickt uns auf Schritt und Tritt in dem fesselnden Buche entgegen, das mit freudiger Wärme und tiefem Verständnis klar und lebendig geschrieben ist. Es ist ganz dazu angetan, Liebe und Verständnis für die Pflanzenwelt unserer deutschen Wälder und Auen, nationalen Sinn und Freude an germanischer Lebensanschauung zu wecken und zu pflegen." (Leipziger Ztg. 12. 10. 1897.)

Natur und Schule. Zeitschrift für den gesamten naturkundlichen Unterricht aller Schulen. Herausgegeben von B. Landsberg, O. Schmeil und B. Schmid. Jährlich 12 Hefte zu je 48 Druckseiten. gr. 8. Preis halbjährlich ℳ 6.— V. Jahrgang. 1906.

„. . . Auch der vorliegende Band, der eine Fülle von pädagogischer und wissenschaftlicher Anregung enthält, legt ein beredtes Zeugnis dafür ab, daß Natur und Schule die Interessen des naturkundlichen Unterrichts in vollendeter Weise vertritt. Möchte der Segen, den diese Zeitschrift durch ihren anregenden Inhalt ausstreut, die reichsten Früchte tragen, ein Ziel, das nur dann wird erreicht werden können, wenn die Kreise unserer Lehrerschaft an jenem unerschöpflichen Quell der Anregung nicht vorübergehen."

(Aus der Natur, Zeitschrift für alle Naturfreunde. 1. Jahrg. 1905. Heft 13.)

Digitized by Google

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig.

Dr. K. Kraepelin, Naturstudien

im Hause — im Garten — in Wald und Feld.

Mit Zeichnungen von O. Schwindrazheim. Geb. je ℳ 3.20 u. 3.60.

„Zu den Meistern der volkstümlichen Darstellung gehört unstreitig Dr. K. Kraepelin, der mit seinen Naturstudien ein Volksbuch im wahren Sinne des Wortes geschaffen hat; denn sie sind so recht geeignet, die lern- und wißbegierige Jugend sowohl wie auch den erwachsenen Mann des Volkes zum naturwissenschaftlichen Denken anzuregen und ihnen die Natur mit ihrem Leben und Werden näher zu bringen. Er beginnt seine „Plaudereien" mit den naturwissenschaftlichen Dingen und Erscheinungen des Hauses (Wasser, Spinne, Kochsalz, Sand, Kanarienvogel, Steinkohlen usw.), führt dann zum Garten (Frühlingspflanzen, Maikäfer, Grasmücke, Unkräuter, Schutzmittel der Pflanzen, Wärme usw.) und schließt mit Wald und Feld (Laubfall, Insektenleben im Winter, Gesteine, Versteinerungen usw.). Immer beginnt er seine in Form der Unterredung gegebenen Erörterungen mit dem einzelnen Fall und leitet allmählich zu allgemeinen Gesichtspunkten über das gesetzmäßige Walten in der Natur hin; dabei vermeidet er jede Schablone, so daß die dialogische Form niemals ermüdend auf den Leser wirkt, sondern im Gegenteil anregend. Die Ausstattung ist, wie bei allen Werken des bekannten Verlags, vorzüglich; der Bilderschmuck rührt von Schwindrazheim her und trägt sehr zur Veranschaulichung des Vorgeführten bei. Deshalb kann auch der Preis ein niedriger genannt werden."

(Neue Bahnen 1902, Heft 4.)

Volksausgabe. Eine Auswahl aus den 3 vorstehenden Bänden. Veranstaltet vom Hamburger Jugendschriften-Ausschuß. Mit Zeichnungen von O. Schwindrazheim. Geb. ℳ 1.—

Der anerkannte Wert der Naturstudien hat den Hamburger Jugendschriften-Ausschuß bewogen, eine billige Volksausgabe zu veranstalten, um so dem Buche eine noch größere Verbreitung zu sichern. Bei der Auswahl sind die verschiedenen Bände der ursprünglichen Ausgabe etwa gleichmäßig berücksichtigt.

Naturstudien in der Sommerfrische.

Reiseplaudereien. Mit Zeichnungen von O. Schwindrazheim. Gebunden ℳ 3.20.

In dem vorliegenden Werkchen zieht der Verfasser die Naturobjekte und Naturerscheinungen in den Bereich seiner Besprechung, die bei der weit verbreiteten Sitte der Ferienreisen und Sommerfrischen vielen Tausenden von Familien nahetreten, ohne daß dabei der Wunsch nach tieferem Verständnis des Geschehenen befriedigt würde. Es will somit ein weitergehendes Interesse für die Probleme des Seins und Geschehens in der Zeit erwecken, die gerade der ungebundenen Muße inmitten einer an neuen ungewohnten Erscheinungen so reichen Umgebung dient, wie sie das Gebirge, das Meer für jeden bietet, der zum erstenmal deren Zauber auf sich wirken läßt.

Naturgeschichtliche Volksmärchen.

Gesammelt v. Dr. O. Dähnhardt. Mit Bildern v. O. Schwindrazheim. 2. verbesserte Auflage. Gebunden ℳ 2.40.

Das Büchlein enthält Märchen, die Naturerscheinungen zu deuten suchen, die sinnige Anschauung, dichterisches Empfinden und herzlichen Humor vereinigen und die zeigen, wie eng die Natur mit dem Gemütsleben des Volkes verwachsen ist. So wird jeder Freund der Natur wie des Volkes das Büchlein mit Freuden begrüßen, besonders wird es die Naturliebe der Jugend zu fördern geeignet sein und darum als Gabe für diese von Eltern und Lehrern willkommen geheißen werden.

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Geheftet Mk. 1.—

in Bändchen von 130–160 Seiten. Jedes Bändchen ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Gebunden Mk. 1.25.

In erschöpfender und allgemein-verständlicher Behandlung werden in abgeschlossenen Bänden auf wissenschaftlicher Grundlage ruhende Darstellungen wichtiger Gebiete in planvoller Beschränkung aus allen Zweigen des Wissens geboten, die von allgemeinem Interesse sind und dauernden Nutzen gewähren.

Geschenkausgabe (von den neueren Bändchen erschienen) auf Velinpapier in Ledereinband **Mk. 2.50.**

Aberglaube s. Medizin.

Abstammungslehre. Abstammungslehre und Darwinismus. Von Professor Dr. R. Hesse. 2. Auflage. Mit 37 Figuren im Text.

Stellt die große Errungenschaft der biologischen Forschung des vorigen Jahrhunderts, die Abstammungslehre, die einen so ungemein befruchtenden Einfluß nicht nur auf die Naturwissenschaften geübt hat, in gemeinverständlicher Weise dar.

Alkoholismus. Der Alkoholismus, seine Wirkungen und seine Bekämpfung. Herausgegeben vom Zentralverband zur Bekämpfung des Alkoholismus. 2 Bändchen.

Die beiden Bändchen sind ein kleines wissenschaftliches Kompendium der Alkoholfrage, verfaßt von den besten Kennern der mit ihr verbundenen sozial-hygienischen und sozial-ethischen Probleme. Sie enthalten eine Fülle von Material in übersichtlicher und schöner Darstellung.

Ameisen. Die Ameisen. Von Dr. Friedrich Knauer in Wien. Mit 61 Figuren im Text.

Faßt die Ergebnisse der so interessanten Forschungen über das Tun und Treiben einheimischer und exotischer Ameisen, über die Vielgestaltigkeit der Formen im Ameisenstaate, über die Bautätigkeit, Brutpflege und ganze Ökonomie der Ameisen, über ihr Zusammenleben mit anderen Tieren und mit Pflanzen, über die Sinnestätigkeit der Ameisen und über andere interessante Details aus dem Ameisenleben zusammen.

Anthropologie s. Mensch.

Arbeiterschutz. Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von Professor Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst.

Das Buch bietet eine gedrängte Darstellung des gemeiniglich unter dem Titel „Arbeiterfrage" behandelten Stoffes; insbesondere treten die Fragen der Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Begrenzung der einzelnen Schutzmaßnahmen und Versicherungseinrichtungen in den Vordergrund.

Astronomie s. Kalender; Mond; Weltall. — **Atome** s. Moleküle.

Baukunst. Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Professor Dr. A. Matthaei. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

Will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters zugleich über das Wesen der Baukunst als Kunst aufklären.

Digitized by Google

Beethoven s. Musik.

Befruchtungsvorgang. Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. Ernst Teichmann. Mit 7 Abbildungen im Text und 4 Tafeln.

Es wird in diesem Bändchen versucht, die Ergebnisse der modernen Forschung, die sich mit dem Befruchtungsproblem befaßt, einem weiteren Kreise zugänglich zu machen.

Bevölkerungslehre. Bevölkerungslehre. Von Professor Dr. M. Haushofer.

Will in gedrängter Form das Wesentliche der Bevölkerungslehre geben über Ermittlung der Volkszahl, über Gliederung und Bewegung der Bevölkerung, Verhältnis der Bevölkerung zum bewohnten Boden und die Ziele der Bevölkerungspolitik.

Bibel s. Jesus; Religionsgeschichte. — **Biologie** s. Abstammungslehre; Ameisen; Befruchtungsvorgang; Meeresforschung; Tierleben. — **Botanik** s. Obstbau; Pflanzen. — **Buchwesen** s. Illustrationskunst; Schriftwesen.

Bildungswesen (s. a. Schulwesen). Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Professor Dr. Fr. Paulsen.

Auf beschränktem Raum löst der Verfasser die schwierige Aufgabe, indem er das Bildungswesen stets im Rahmen der allgemeinen Kulturbewegung darstellt, so daß die gesamte Kulturentwicklung unseres Volkes in der Darstellung seines Bildungswesens wie in einem verkleinerten Spiegelbild zur Erscheinung kommt. So wird aus dem Büchlein nicht nur für die Erkenntnis der Vergangenheit, sondern auch für die Einsicht in die Lage der Gegenwart und die Forderungen der Zukunft reiche Frucht erwachsen.

Chemie siehe auch Luft; Metalle.

Chemie in Küche und Haus. Von Professor Dr. G. Abel. Mit Abbildungen im Text und einer mehrfarbigen Doppeltafel.

Das Bändchen will Gelegenheit bieten, die in Küche und Haus täglich sich vollziehenden chemischen und physikalischen Prozesse richtig zu beobachten und nutzbringend zu verwerten.

Christentum (s. auch Jesus). Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Professor Dr. J. Geffcken.

Gibt durch eine Reihe von Bildern eine Vorstellung von der Stimmung im alten Christentum und von seiner inneren Kraft und verschafft so ein Verständnis für die ungeheure und vielseitige welthistorische kultur- und religionsgeschichtliche Bewegung.

Dampf(maschine). Dampf und Dampfmaschine. Von Professor Dr. R. Vater. Mit 44 Abbildungen.

Schildert die inneren Vorgänge im Dampfkessel und namentlich im Zylinder der Dampfmaschine, um so ein richtiges Verständnis des Wesens der Dampfmaschine und der in der Dampfmaschine sich abspielenden Vorgänge zu ermöglichen.

Darwinismus s. Abstammungslehre.

Drama (s. a. Theater). Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Professor Dr. G. Witkowski. Mit einem Bildnis Hebbels.

Sucht in erster Linie auf historischem Wege das Verständnis des Dramas der Gegenwart anzubahnen und berücksichtigt die drei Faktoren, deren jeweilige Beschaffenheit die Gestaltung des Dramas bedingt: Kunstanschauung, Schauspielkunst und Publikum, nebeneinander ihrer Wichtigkeit gemäß.

Digitized by Google

Dürer. Albrecht Dürer. Von Dr. Rud. Wustmann. Mit 33 Abb. im Text.
Eine schlichte und knappe Erzählung des gewaltigen menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Albrecht Dürers und eine Darstellung seiner Kunst, wie er uns in seinen Gemälden, Holzschnitten, Kupferstichen und nicht zuletzt in seinen Schriften entgegentritt.

Ehe und Eherecht. Von Professor Dr. Ludwig Wahrmund.
Schildert in gedrängter Fassung die historische Entwicklung des Ehebegriffes nach seiner natürlichen, sittlichen und rechtlichen Seite und untersucht das Verhältnis von Staat und Kirche auf dem Gebiete des Eherechtes.

Eisenbahnen (s. a. Technik; Verkehrsentwicklung). Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Professor Dr. S. Hahn. Mit zahlreichen Abbildungen im Text und einer Doppeltafel.
Nach einem Rückblick auf die frühesten Zeiten des Eisenbahnbaues führt der Verfasser die Eisenbahn im allgemeinen nach ihren Hauptmerkmalen vor. Der Bau des Bahnkörpers, der Tunnel, die großen Brückenbauten, sowie der Betrieb selbst werden besprochen, schließlich ein Überblick über die geographische Verbreitung der Eisenbahnen gegeben.

Eisenhüttenwesen. Das Eisenhüttenwesen. Erläutert in acht Vorträgen von Geh. Bergrat Professor Dr. H. Wedding. 2. Auflage. Mit 12 Figuren im Text.
Schildert in gemeinfaßlicher Weise, wie Eisen, das unentbehrlichste Metall, erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird.

Entdeckungen. Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Professor Dr. S. Günther. Mit einer Weltkarte.
Mit lebendiger Darstellungsweise sind hier die großen weltbewegenden Ereignisse der geographischen Renaissancezeit ansprechend geschildert.

Erde (s. a. Mensch und Erde). Aus der Vorzeit der Erde. Vorträge über allgemeine Geologie. Von Professor Dr. Fr. Frech. Mit 49 Abbildungen im Text und auf 5 Doppeltafeln.
Erörtert die interessantesten und praktisch wichtigsten Probleme der Geologie: die Tätigkeit der Vulkane, das Klima der Vorzeit, Gebirgsbildung, Korallenriffe, Talbildung und Erosion, Wildbäche und Wildbachverbauung.

Ernährung (s. a. Alkoholismus, Chemie). Ernährung und Volksnahrungsmittel. Sechs Vorträge von weil. Professor Dr. Johannes Frentzel. Mit 6 Abbildungen im Text und 2 Tafeln.
Gibt einen Überblick über die gesamte Ernährungslehre und die wichtigsten „Volksnahrungsmittel".

Farben s. Licht.

Frauenbewegung. Die moderne Frauenbewegung. Von Dr. Käthe Schirmacher.
Gibt einen Überblick über die Haupttatsachen der modernen Frauenbewegung in allen Ländern, schildert eingehend die Bestrebungen der modernen Frau auf dem Gebiet der Bildung, der Arbeit, der Sittlichkeit, der Soziologie und Politik und bietet einen Vergleich mit dem Frauenleben in Ländern mit nichteuropäischer Kultur.

Frauenleben. Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte Von Direktor Dr. Ed. Otto. Mit zahlreichen Abbildungen.
Gibt ein Bild des deutschen Frauenlebens von der Urzeit bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, von Denken und Fühlen, Stellung und Wirksamkeit der deutschen Frau, wie sie sich im Wandel der Jahrhunderte darstellen.

Digitized by Google

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von Adelev. Portugall.
Lehrt die grundlegenden Gedanken der Methode Fröbels kennen und gibt einen Überblick seiner wichtigsten Schriften mit Betonung aller jener Kernaussprüche, die treuen und oft ratlosen Müttern als Wegweiser in Ausübung ihres hehrsten und heiligsten Berufes dienen können.

Fürstentum. Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen. Von Professor Dr. E. Hubrich.
Der Verfasser zeigt in großen Umrissen den Weg, auf dem deutsches Fürstentum und deutsche Volksfreiheit zu dem in der Gegenwart geltenden wechselseitigen Ausgleich gelangt sind, unter besonderer Berücksichtigung der preußischen Verfassungsverhältnisse.

Geographie s. Entdeckungen; Japan; Kolonien; Mensch; Palästina; Polarforschung; Volksstämme; Wirtschaftsleben.

Geologie s. Erde.

Germanen. Germanische Kultur in der Urzeit. Von Dr. G. Steinhausen. Mit 17 Abbildungen.
Das Büchlein beruht auf eingehender Quellenforschung und gibt in fesselnder Darstellung einen Überblick über germanisches Leben von der Urzeit bis zur Berührung der Germanen mit der römischen Kultur.

——— Germanische Mythologie. Von Dr. Julius von Negelein.
Der Verfasser gibt ein Bild germanischen Glaubenslebens, indem er die Äußerungen religiösen Lebens namentlich auch im Kultus und in den Gebräuchen des Aberglaubens aufsucht, sich überall bestrebt, das zugrunde liegende psychologische Motiv zu entdecken, die verwirrende Fülle mythischer Tatsachen und einzelner Namen aber demgegenüber zurücktreten läßt.

Geschichte (s. a. Bildungswesen; Entdeckungen; Frauenleben; Fürstentum; Germanen; Japan; Jesuiten; Kalender; Kriegswesen; Kultur; Kunstgeschichte; Literaturgeschichte; Münze; Palästina; Rom; Schulwesen; Städtewesen; Volksstämme; Wirtschaftsgeschichte).

——— Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Professor Dr. Richard Schwemer.

——— Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwickelungsgeschichte der Gegenwart. Von Professor Dr. Richard Schwemer.

——— Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwickelungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Professor Dr. Richard Schwemer.
Die 3 Bändchen geben zusammen eine in Auffassung und Darstellung durchaus eigenartige Geschichte des deutschen Volkes im 19. Jahrhundert. „Restauration und Revolution" behandelt das Leben und Streben des deutschen Volkes in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, von dem ersten Aufleuchten des Gedankens des nationalen Staates bis zu dem tragischen Sturze in der Mitte des Jahrhunderts. „Die Reaktion und die neue Ära", beginnend mit der Zeit der Ermattung nach dem großen Aufschwung von 1848, stellt in den Mittelpunkt zwei Männer, deren gemeinsames Schaffen der Sehnsucht der Nation endlich neue Bahnen eröffnete: des Prinzen von Preußen und Ottos von Bismarck. „Vom Bund zum Reich" zeigt uns Bismarck mit sicherer Hand die Grundlage des Reiches vorbereitend und dann immer entschiedener allem Geschehenen das Gepräge seines Geistes verleihend.

——— 1848. Sechs Vorträge von Professor Dr. O. Weber.
Bringt auf Grund des überreichen Materials in knapper Form eine Darstellung der wichtigen Ereignisse des Jahres 1848, dieser nahezu über ganz Europa verbreiteten großen Bewegung in ihrer bis zur Gegenwart reichenden Wirkung.

Digitized by Google

Gesundheitslehre (s. a. Alkoholismus; Ernährung; Heilwissenschaft; Leibesübungen; Mensch; Nervensystem; Schulhygiene; Tuberkulose). Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von Prof. Dr. H. Buchner. 2. Aufl. besorgt von Prof. Dr. M. Gruber. Mit zahlreichen Abbild. im Text.

Unterrichtet in klarer und überaus fesselnder Darstellung über alle wichtigen Fragen der Hygiene.

Handwerk. Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Direktor Dr. Ed. Otto. 2. Aufl. Mit 27 Abbild. auf 8 Tafeln.

Eine Darstellung der historischen Entwicklung und der kulturgeschichtlichen Bedeutung des deutschen Handwerks von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.

Haydn s. Musik.

Heilwissenschaft (s. a. Gesundheitslehre). Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. Biernacki. Deutsch von Badearzt Dr. S. Ebel.

Gewährt dem Laien in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens von einem allgemeineren Standpunkte aus Einsicht.

Hilfsschulwesen. Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel.

Es wird in kurzen Zügen eine Theorie und Praxis der Hilfsschulpädagogik gegeben. An Hand der vorhandenen Literatur und auf Grund von Erfahrungen wird nicht allein zusammengestellt, was bereits geleistet worden ist, sondern auch hervorgehoben, was noch der Entwicklung und Bearbeitung harrt.

Japan. Die Japaner und ihre wirtschaftliche Entwicklung. Von Professor Dr. K. Rathgen.

Vermag auf Grund eigener langjähriger Erfahrung ein wirkliches Verständnis der merkwürdigen und für uns wirtschaftlich so wichtigen Erscheinung der fabelhaften Entwicklung Japans zu eröffnen.

Jesuiten. Die Jesuiten. Eine historische Skizze von Professor Dr. H. Boehmer-Romundt.

Ein Büchlein nicht für oder gegen, sondern über die Jesuiten, also der Versuch einer gerechten Würdigung des vielgenannten Ordens.

Jesus. Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Professor Dr. H. Weinel. 2. Auflage.

Will gegenüber kirchlicher und nichtkirchlicher Allegorisierung der Gleichnisse Jesu mit ihrer richtigen, wörtlichen Auffassung bekannt machen und verbindet damit eine Einführung in die Arbeit der modernen Theologie.

——— Jesus und seine Zeitgenossen. Von Pastor K. Bonhoff.

Die ganze Herbheit und köstliche Frische des Volkskindes, die hinreißende Hochherzigkeit und prophetische Überlegenheit des genialen Volksmannes, die reife Weisheit des Jüngerbildners und die religiöse Tiefe und Weite des Evangeliumverkünders von Nazareth wird erst empfunden, wenn man ihn in seinem Verkehr mit den ihn umgebenden Menschengestalten, Volks- und Parteigruppen zu verstehen sucht. Dies Verständnis will dieses Büchlein vertiefen, verbreiten und für die Gegenwart fruchtbar machen helfen.

Illustrationskunst. Die deutsche Illustration. Von Professor Dr. Rudolf Kautzsch. Mit 35 Abbildungen.

Behandelt ein besonders wichtiges und besonders lehrreiches Gebiet der Kunst und leistet zugleich, indem es an der Hand der Geschichte das Charakteristische der Illustration als Kunst zu erforschen sucht, ein gut Stück „Kunsterziehung".

Digitized by Google

Ingenieurtechnik. Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Bauinspektor Kurt Merckel. Mit 50 Abbild. im Text und auf Tafeln.

Führt eine Reihe hervorragender und interessanter Ingenieurbauten nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung vor.

——— Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Bauinspektor Kurt Merckel. Mit 43 Abbildungen im Text und auf einer Doppeltafel.

Zeigt in einer Schilderung der Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer, der Ingenieurtechnik der alten Ägypter unter vergleichsweiser Behandlung der modernen Irrigationsanlagen daselbst, der Schöpfungen der antiken griechischen Ingenieure, des Städtebaues im Altertum und der römischen Wasserleitungsbauten die hohen Leistungen der Völker des Altertums.

Israel s. Religionsgeschichte.

Kalender. Der Kalender. Von Professor Dr. W. F. Wislicenus.

Erklärt die astronomischen Erscheinungen, die für unsere Zeitrechnung von Bedeutung sind, und schildert die historische Entwicklung des Kalenderwesens.

Kolonien. Die deutschen Kolonien. Land und Leute. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit zahlreichen Abbildungen.

Bietet auf Grund der neuesten Forschungen eine geographische und ethnographische Beschreibung unserer Kolonien unter Berücksichtigung ihrer wirtschaftlichen Bedeutung.

Kriegswesen. Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Zwanglose Skizzen von Major O. von Sothen. Mit 9 Übersichtskärtchen.

In einzelnen Abschnitten wird insbesondere die Napoleonische und Moltkesche Kriegführung an Beispielen (Jena-Königgrätz-Sedan) dargestellt und durch Kartenskizzen erläutert.

——— Der Seekrieg. Seine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von Kurt Freiherr von Maltzahn, Vize-Admiral a. D.

Der Verf. bringt den Seekrieg als Kriegsmittel wie als Mittel der Politik zur Darstellung indem er zunächst die Entwicklung der Kriegsflotte und der Seekriegsmittel vom 16. Jahrhundert bis in die Zeit der Napoleonischen Kriege schildert und dann die heutigen Weltwirtschaftsstaaten und den Seekrieg behandelt. Er gibt hier die Entstehungsgeschichte der modernen Kriegsflotten und der strategisch-taktischen Anschauungen und stellt andrerseits das Abhängigkeitsverhältnis, in dem unsere Weltwirtschaftsstaaten kommerziell und politisch zu den Verkehrswegen der See stehen, dar.

Kultur (s. a. Geschichte). Die Anfänge der menschlichen Kultur. Von Professor Dr. Ludwig Stein.

Behandelt in der Überzeugung, daß die Kulturprobleme der Gegenwart sich uns nur durch einen tieferen Einblick in ihren Werdegang und insbesondere in die Längstvergangenheit voll erschließen, Natur und Kultur, den vorgeschichtlichen Menschen, die Anfänge der Arbeitsteilung, die Anfänge der Rassenbildung, ferner die Anfänge der wirtschaftlichen, intellektuellen, moralischen und sozialen Kultur.

Kunst. Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Theodor Volbehr. Mit 44 Abbildungen.

Führt von einem neuen Standpunkte aus in das Verständnis des Wesens der bildenden Kunst ein, erörtert die Grundlagen der menschlichen Gestaltungskraft und zeigt, wie das künstlerische Interesse sich allmählich weitere und immer weitere Stoffgebiete erobert.

Digitized by Google

Kunst. Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent R. Bürkner. Mit 14 Abbildungen.

Das Büchlein soll auf diesem großen Gebiete persönlichen und allgemeinen ästhetischen Lebens ein praktischer Ratgeber sein, der deutlich die Richtlinie zeigt, in der sich häusliches und heimatliches Dasein bewegen muß.

——— Die ostasiatische Kunst und ihre Einwirkung auf Europa. Von Direktor Dr. R. Graul. Mit zahlreichen Abbildungen.

Bringt die bedeutungsvolle Einwirkung der japanischen und chinesischen Kunst auf die europäische zur Darstellung unter Mitteilung eines reichen Bildermaterials.

Kunstgeschichte s. Baukunst; Dürer; Illustration; Schriftwesen.

Leibesübungen. Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Professor Dr. R. Zander. 2. Auflage. Mit 19 Abbildungen.

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht.

Licht (s. a. Luft). Das Licht und die Farben. Sechs Vorlesungen, gehalten im Volkshochschulverein München von Professor Dr. L. Graetz. 2. Auflage. Mit 116 Abbildungen.

Führt, von den einfachsten optischen Erscheinungen ausgehend, zur tieferen Einsicht in die Natur des Lichtes und der Farben.

Literaturgeschichte s. Drama; Schiller; Theater; Volkslied.

Luft. Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Professor Dr. R. Blochmann. 2. Auflage Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein.

Mädchenschule (s. a. Bildungswesen; Schulwesen). Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin M. Martin.

Bietet aus berufenster Feder eine Darstellung der Ziele, der historischen Entwicklung, der heutigen Gestalt und der Zukunftsaufgaben der höheren Mädchenschulen.

Medizin. Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Professor Dr. D. von Hansemann.

Behandelt alle menschlichen Verhältnisse, die in irgend einer Beziehung zu Leben und Gesundheit stehen, besonders mit Rücksicht auf viele schädliche Aberglauben, die geeignet sind, Krankheiten zu fördern, die Gesundheit herabzusetzen und auch in moralischer Beziehung zu schädigen.

Meeresforschung. Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. O. Janson. Mit 41 Figuren.

Schildert kurz und lebendig die Fortschritte der modernen Meeresuntersuchung auf geographischem, physikalisch-chemischem und biologischem Gebiete.

Mensch (s. a. Kultur). Der Mensch. Sechs Vorlesungen aus dem Gebiete der Anthropologie. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit zahlreichen Abbild.

Stellt die Lehren der „Wissenschaft aller Wissenschaften" streng sachlich und doch durchaus volkstümlich dar: das Wissen vom Ursprung des Menschen, die Entwicklungsgeschichte des Individuums, die künstlerische Betrachtung der Proportionen des menschlichen Körpers und die streng wissenschaftlichen Meßmethoden (Schädelmessung usf.), behandelt ferner die Menschenrassen, die rassenanatomischen Verschiedenheiten, den Tertiärmenschen.

Digitized by Google

Mensch. Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Privatdozent Dr. H. Sachs. Mit 37 Abbildungen.

Lehrt die Einrichtung und Tätigkeit der einzelnen Organe des Körpers kennen und sie als Glieder eines einheitlichen Ganzen verstehen.

——— Die Seele des Menschen. Von Professor Dr. J. Rehmke. 2. Auflage.

Bringt das Seelenwesen und das Seelenleben in seinen Grundzügen und allgemeinen Gesetzen gemeinfaßlich zur Darstellung, um besonders ein Führer zur Seele der Kinder zu sein.

——— Die fünf Sinne des Menschen. Von Professor Dr. Jos. Clem. Kreibig. Mit 30 Abbildungen im Text.

Beantwortet die Fragen über die Bedeutung, Anzahl, Benennung und Leistungen der Sinne in gemeinfaßlicher Weise.

——— **und Erde.** Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Professor Dr. A. Kirchhoff. 2. Auflage.

Zeigt wie die Ländernatur auf den Menschen und seine Kultur einwirkt durch Schilderungen allgemeiner und besonderer Art, über Steppen- und Wüstenvölker, über die Entstehung von Nationen, wie Deutschland und China u. a. m.

——— **und Tier.** Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Professor Dr. Karl Eckstein. Mit 31 Abbildungen im Text.

Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf erfährt eine eingehende, ebenso interessante wie lehrreiche Darstellung.

Menschenleben. Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 2. Auflage.

Beantwortet die Frage: Gibt es keine bindenden Regeln des menschlichen Handelns? in zuversichtlich bejahender, zugleich wohl begründeter Weise.

Metalle. Die Metalle. Von Professor Dr. K. Scheid. Mit 16 Abbild.

Behandelt die für Kulturleben und Industrie wichtigen Metalle nach ihrem Wesen, ihrer Verbreitung und ihrer Gewinnung.

Mikroskop (s. a. Optik). Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung, gemeinverständlich dargestellt. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abbildungen im Text und einer Tafel.

Will bei weiteren Kreisen Interesse und Verständnis für das Mikroskop erwecken durch eine Darstellung der optischen Konstruktion und Wirkung wie der historischen Entwicklung.

Moleküle. Moleküle — Atome — Weltäther. Von Professor Dr. G. Mie. Mit 27 Figuren im Text.

Stellt die physikalische Atomlehre als die kurze logische Zusammenfassung einer großen Menge physikalischer Tatsachen unter einem Begriffe dar, die ausführlich und nach Möglichkeit als einzelne Experimente geschildert werden.

Mond. Der Mond. Von Professor Dr. J. Franz. Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

Gibt die Ergebnisse der neueren Mondforschung wieder, erörtert die Mondbewegung und Mondbahn, bespricht den Einfluß des Mondes auf die Erde und behandelt sodann die Fragen der Oberflächenbedingungen des Mondes und die charakteristischen Mondgebilde anschaulich zusammengefaßt in „Beobachtungen eines Mondbewohners", endlich die Frage der Bewohnbarkeit des Mondes.

Digitized by Google

Mozart s. Musik.

Münze. Die Münze als historisches Denkmal. Mit zahlreichen Abbildungen. Von Luschin v. Ebengreuth.

Zeigt, wie Münzen als geschichtliche Überbleibsel der Vergangenheit zur Aufhellung der wirtschaftlichen Zustände und der Rechtseinrichtungen früherer Zeiten benutzt werden können. Die verschiedenen Arten von Münzen, ihre äußeren und inneren Merkmale sowie ihre Herstellung werden in historischer Entwicklung dargelegt und im Anschluß daran Münzsammlern beherzigenswerte Winke gegeben. Es folgt schließlich eine Würdigung der Münze nach ihren Beziehungen zu Volkswirtschaft und Rechtsleben im Laufe der Jahrhunderte.

Musik. Haydn, Mozart, Beethoven. Mit vier Bildnissen auf Tafeln. Von Professor Dr. C. Krebs.

Eine Darstellung des Entwicklungsganges und der Bedeutung eines jeden der drei großen Komponisten für die Musikgeschichte. Sie gibt mit wenigen, aber scharfen Strichen ein Bild der menschlichen Persönlichkeit und des künstlerischen Wesens der drei Heroen mit Hervorhebung dessen, was ein jeder aus seiner Zeit geschöpft und was er aus eignem hinzugebracht hat.

Muttersprache. Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. Von Professor Dr. Wilhelm Uhl.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der sprachlich-wissenschaftlich lautphysiologischen wie der philologisch-germanistischen Forschung, die Ursprung und Organ, Bau und Bildung andererseits die Hauptperioden der Entwicklung unserer Muttersprache zur Darstellung bringt.

Mythologie s. Germanen.

Nahrungsmittel s. Alkoholismus; Chemie; Ernährung.

Nationalökonomie s. Arbeiterschutz; Bevölkerungslehre; Soziale Bewegungen; Wirtschaftsleben.

Naturlehre. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Professor Dr. Felix Auerbach. Mit 79 Figuren im Text.

Eine zusammenhängende, für jeden Gebildeten verständliche Entwicklung der Begriffe, die in der modernen Naturlehre eine allgemeine und exakte Rolle spielen.

Naturwissenschaften s. Abstammungslehre; Ameisen; Befruchtungsvorgang; Chemie; Erde; Licht; Luft; Meeresforschung; Mensch; Moleküle; Naturlehre; Obstbau; Pflanzen; Strahlen; Tierleben; Weltall; Wetter.

Nervensystem. Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele im gesunden und kranken Zustande. Von Professor Dr. R. Zander. Mit 27 Figuren im Text.

Die Bedeutung der nervösen Vorgänge für den Körper, die Geistestätigkeit und das Seelenleben wird auf breiter wissenschaftlicher Unterlage allgemeinverständlich dargestellt.

Obstbau. Der Obstbau. Von Dr. Ernst Voges. Mit 13 Abbildungen im Text.

Die aus der Praxis hervorgegangene Schrift will über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Obstbaues, sowie seine Naturgeschichte und große volkswirtschaftliche Bedeutung unterrichten. Sie umfaßt in acht Kapiteln: Geschichte des Obstbaues; das Leben des Obstbaumes; die Obstbaumzucht; der Obstbau in Garten und Feld; Obstbaumpflege und Obstbaumschutz; die wissenschaftliche Obstkunde; die volkswirtschaftliche Bedeutung des Obstbaues; die Ästhetik des Obstbaues.

Digitized by Google

Optik. Die optischen Instrumente. Von Dr. M. von Rohr. Mit 84 Abbildungen im Text.

Der Verfasser gibt in diesem Bändchen eine elementare Darstellung der optischen Instrumente nach modernen Anschauungen. Die Behandlung der einzelnen Instrumente ist bis auf die jüngste Zeit fortgeführt worden, und es fehlen weder das Ultramikroskop noch die neuen Apparate zur Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht (Monochromate), weder die Prismen- noch die Zielfernrohre, weder die Projektionsapparate noch die stereoskopischen Entfernungsmesser und der Stereokomparator.

Ostasien s. Kunst.

Pädagogik (s. a. Bildungswesen; Fröbel; Hilfsschulwesen; Mädchenschule; Schulwesen). Allgemeine Pädagogik. Von Professor Dr. Theobald Ziegler. 2. Auflage.

Behandelt die großen Fragen der Volkserziehung in praktischer, allgemeinverständlicher Weise und in sittlich-sozialem Geiste.

Palästina. Palästina und seine Geschichte. Sechs Vorträge von Professor Dr. H. Freiherr von Soden. 2. Auflage. Mit 2 Karten und 1 Plan von Jerusalem und 6 Ansichten des heiligen Landes.

Ein Bild, nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte.

Pflanzen (s. a. Obstbau; Tierleben). Unsere wichtigsten Kulturpflanzen. Von Professor Dr. K. Giesenhagen. Mit 40 Figuren im Text.

Behandelt die Getreidepflanzen und ihren Anbau nach botanischen wie kulturgeschichtlichen Gesichtspunkten, damit zugleich in anschaulichster Form allgemeine botanische Kenntnisse vermittelnd.

Philosophie (s. a. Menschenleben; Schopenhauer; Weltanschauung). Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Professor Dr. O. Külpe. 3. Auflage.

Schildert die vier Hauptrichtungen der deutschen Philosophie der Gegenwart, den Positivismus, Materialismus, Naturalismus und Idealismus.

Physik s. Licht; Mikroskop; Moleküle; Naturlehre; Optik; Strahlen.

Polarforschung. Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Professor Dr. Kurt Hassert. Mit 6 Karten auf 2 Tafeln.

Faßt die Hauptfortschritte und Ergebnisse der Jahrhunderte alten, an tragischen und interessanten Momenten überreichen Entdeckungstätigkeit zusammen.

Psychologie s. Mensch; Nervensystem; Seele.

Religionsgeschichte (siehe auch Christentum; Germanen; Jesuiten; Jesus). Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Professor Dr. Fr. Giesebrecht.

Schildert wie Israels Religion entsteht, wie sie die nationale Schale sprengt, um in den Propheten die Ansätze einer Menschheitsreligion auszubilden, wie auch diese neue Religion sich verpuppt in die Formen eines Priesterstaats.

Digitized by Google

Religiöse Strömungen. Die religiösen Strömungen der Gegenwart von Superintendent D. A. H. Braasch.

Will die gegenwärtige religiöse Lage nach ihren bedeutsamen Seiten hin darlegen, ihr geschichtliches Verständnis vermitteln und einen jeden in den Stand setzen, selbst bestimmte Stellung zur künftigen Entwicklung zu nehmen.

Rom. Die ständischen und sozialen Kämpfe in der römischen Republik. Von Privatdozent Dr. Leo Bloch.

Behandelt die Sozialgeschichte Roms, soweit sie mit Rücksicht auf die die Gegenwart bewegenden Fragen von allgemeinem Interesse ist.

Schiller. Von Professor Dr. Th. Ziegler. Mit dem Bildnis Schillers von Kügelgen in Heliogravüre.

Gedacht als eine Einführung in das Verständnis von Schillers Werdegang und Werken, behandelt das Büchlein vor allem die Dramen Schillers und sein Leben, ebenso aber auch einzelne seiner lyrischen Gedichte und die historischen und die philosophischen Studien als ein wichtiges Glied in der Kette seiner Entwicklung.

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Sechs Vorträge von Oberlehrer H. Richert. Mit dem Bildnis Schopenhauers.

Das Bändchen unterrichtet über Schopenhauer in seinem Werden, seinen Werken und seinem Fortwirken, in seiner historischen Bedingtheit und seiner bleibenden Bedeutung, indem es eine gründliche Einführung in die Schriften Schopenhauers und zugleich einen zusammenfassenden Überblick über das Ganze seines philosophischen Systems gibt und darlegt, was Schopenhauer uns und der Menschheit sein kann und werden soll.

Schriftwesen. Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Professor Dr. O. Weise. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen.

Verfolgt durch mehr als vier Jahrtausende Schrift-, Brief- und Zeitungswesen, Buchhandel und Bibliotheken.

Schulhygiene. Von Dr. Leo Burgerstein.

Bietet eine auf den Forschungen und Erfahrungen in den verschiedensten Kulturländern beruhende Darstellung, die sowohl hinsichtlich der niederen als der höheren Schulen ebenso die Hygiene des Unterrichts und Schullebens wie jene des Hauses und seiner Einrichtung, die modernen materiellen Wohlfahrtseinrichtungen, die im Zusammenhang mit der Schule immer größere Ausbreitung gewinnen, endlich die hygienische Unterweisung der Jugend, die Hygiene des Lehrers und die Schularztfrage behandelt.

Schulwesen (s. a. Bildungswesen; Fröbel; Hilfsschulwesen; Mädchenschule; Pädagogik). Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe.

Stellt die Entwicklung des deutschen Schulwesens in seinen Hauptperioden dar und bringt so Anfänge des deutschen Schulwesens, Scholastik, Humanismus, Reformation, Gegenreformation, neue Bildungsziele, Pietismus, Philanthropismus, Aufklärung, Neuhumanismus, Prinzip der allseitigen Ausbildung vermittels einer Anstalt, Teilung der Arbeit und den nationalen Humanismus der Gegenwart zur Darstellung.

Digitized by Google

Schulwesen. Schulkämpfe der Gegenwart. Vorträge zum Kampf um die Volksschule in Preußen, gehalten in der Humboldt-Akademie in Berlin. Von J. Tews.

Knapp und doch umfassend stellt der Verfasser die Probleme dar, um die es sich bei der Reorganisation der Volksschule handelt, deren Stellung zu Staat und Kirche, deren Abhängigkeit von Zeitgeist und Zeitbedürfnissen, deren Wichtigkeit für die Herausgestaltung einer volksfreundlichen Gesamtkultur scharf beleuchtet werden.

Seekrieg s. Kriegswesen.

Sinnesleben s. Mensch.

Soziale Bewegungen (s. a. Arbeiterschutz). Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von Professor Dr. G. Maier. 2. Auflage.

Will auf historischem Wege in die Wirtschaftslehre einführen, den Sinn für soziale Fragen wecken und klären.

Sprache s. Muttersprache.

Städtewesen. Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Oberlehrer Dr. B. Heil. Mit zahlreichen Abbildungen.

Stellt die geschichtliche Entwicklung dar, schildert die wirtschaftlichen, sozialen und staatsrechtlichen Verhältnisse und gibt ein zusammenfassendes Bild von der äußeren Erscheinung und dem inneren Leben der deutschen Städte.

Strahlen (s. a. Licht). Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Mit 82 Abbildungen. Von Professor Dr. R. Börnstein und Professor Dr. W. Marckwald.

Schildert die verschiedenen Arten der Strahlen, darunter die Kathoden- und Röntgenstrahlen, die Hertzschen Wellen, die Strahlungen der radioaktiven Körper (Uran und Radium) nach ihrer Entstehung und Wirkungsweise, unter Darstellung der charakteristischen Vorgänge der Strahlung.

Technik (s. a. Dampf; Eisenbahnen; Eisenhüttenwesen; Ingenieurtechnik; Metalle; Mikroskop; Wärmekraftmaschinen). Am sausenden Webstuhl der Zeit. Übersicht über die Wirkungen der Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik auf das gesamte Kulturleben. Von Geh. Regierungsrat Professor Dr. W. Launhardt. 2. Auflage. Mit 16 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln.

Ein geistreicher Rückblick auf die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik, der die Weltwunder unserer Zeit verdankt werden.

Theater (s. a. Drama). Das Theater. Sein Wesen, seine Geschichte, seine Meister. Von Privatdozent Dr. K. Borinski. Mit 8 Bildnissen.

Läßt bei der Vorführung der dramatischen Gattungen die dramatischen Meister der Völker und Zeiten tunlichst selbst reden.

Theologie s. Christentum; Jesuiten; Jesus; Palästina; Religionsgeschichte; Religiöse Strömungen.

Digitized by Google

Tierleben (s. Ameise; Mensch und Tier). Bau und Leben des Tieres. Von Dr. W. Haacke. Mit zahlreichen Abbildungen im Text.
Zeigt die Tiere als Glieder der Gesamtnatur und lehrt uns zugleich Verständnis und Bewunderung für deren wunderbare Harmonie.

——— Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Professor Dr. K. Kraepelin.
Stellt in großen Zügen eine Fülle wechselseitiger Beziehungen der Organismen zueinander dar. Familienleben und Staatenbildung der Tiere, wie die interessanten Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander werden geschildert.

Tuberkulose. Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Für die Gebildeten aller Stände gemeinfaßlich dargestellt von Oberstabsarzt Dr. Schumburg. Mit einer Tafel und 8 Figuren im Text.
Verbreitet sich über das Wesen und die Ursache der Tuberkulose und entwickelt daraus die Lehre von der Bekämpfung derselben.

Turnen s. Leibesübungen.

Verfassung (s. a. Fürstentum). Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Sechs Vorträge von Professor Dr. E. Loening.
Beabsichtigt in gemeinverständlicher Sprache in das Verfassungsrecht des Deutschen Reiches einzuführen, soweit dies für jeden Deutschen erforderlich ist.

Verkehrsentwicklung (s. a. Eisenbahnen; Technik). Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900. Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung, sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft von Professor Dr. Walter Lotz.
Erörtert nach einer Geschichte des Eisenbahnwesens insbesondere Tarifwesen, Binnenwasserstraßen und Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

Versicherung (s. a. Arbeiterschutz). Grundzüge des Versicherungswesens. Von Dr. A. Manes.
Behandelt sowohl die Stellung der Versicherung im Wirtschaftsleben, die Entwicklung der Versicherung, die Organisation ihrer Unternehmungsformen, den Geschäftsgang eines Versicherungsbetriebs, die Versicherungspolitik, das Versicherungsvertragsrecht und die Versicherungswissenschaft, als die einzelnen Zweige der Versicherung, wie Lebensversicherung, Unfallversicherung, Haftpflichtversicherung, Transportversicherung, Feuerversicherung, Hagelversicherung, Viehversicherung, kleinere Versicherungszweige, Rückversicherung.

Volkslied. Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Privatdozent Dr. J. W. Bruinier. 2. Auflage.
Handelt in schwungvoller Darstellung vom Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges.

Volksstämme. Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Professor Dr. O. Weise. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen im Text und auf Tafeln.
Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme.

Volkswirtschaftslehre s. Arbeiterschutz; Bevölkerungslehre; Frauenbewegung; Japan; Soziale Bewegungen; Verkehrsentwicklung; Versicherung; Wirtschaftsleben.

Digitized by Google

Wärme s. Luft.

Wärmekraftmaschinen (s. a. Dampf). Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen. Von Professor Dr. Richard Vater. Mit 32 Abbildungen.

Will durch eine allgemein bildende Darstellung Interesse und Verständnis für die immer wichtiger werdenden Gas-, Petroleum- und Benzinmaschinen erwecken.

——— Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Professor Dr. Richard Vater. Mit 48 Abbildungen.

Ohne den Streit, ob „Lokomobile oder Sauggasmaschine", „Dampfturbine oder Großgasmaschine", entscheiden zu wollen, behandelt Verfasser die einzelnen Maschinengattungen mit Rücksicht auf ihre Vorteile und Nachteile, wobei im zweiten Teil der Versuch unternommen ist, eine möglichst einfache und leichtverständliche Einführung in die Theorie und den Bau der Dampfturbine zu geben.

Wasser s. Luft.

Weltall. Der Bau des Weltalls. Von Professor Dr. J. Scheiner. 2. Auflage. Mit 24 Figuren im Text und auf einer Tafel.

Will in das Hauptproblem der Astronomie, die Erkenntnis des Weltalls, einführen.

Weltanschauung (s. a. Philosophie). Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von Professor Dr. L. Busse. 2. Auflage.

Will mit den bedeutendsten Erscheinungen der neueren Philosophie bekannt machen; die Beschränkung auf die Darstellung der großen klassischen Systeme ermöglicht es, die beherrschenden und charakteristischen Grundgedanken eines jeden scharf herauszuarbeiten und so ein möglichst klares Gesamtbild der in ihm enthaltenen Weltanschauung zu entwerfen.

Weltäther s. Moleküle.

Wetter. Wind und Wetter. Fünf Vorträge über die Grundlagen und wichtigeren Aufgaben der Meteorologie. Von Professor Dr. Leonh. Weber. Mit 27 Figuren im Text und 3 Tafeln.

Schildert die historischen Wurzeln der Meteorologie, ihre physikalischen Grundlagen und ihre Bedeutung im gesamten Gebiete des Wissens, erörtert die hauptsächlichsten Aufgaben, die dem ausübenden Meteorologen obliegen, wie die praktische Anwendung in der Wettervorhersage

Wirtschaftsgeschichte s. Eisenbahnen; Handwerk; Japan; Rom; Soziale Bewegungen; Verkehrsentwicklung; Wirtschaftsleben.

Wirtschaftsleben. Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert. Von Professor Dr. L. Pohle.

Gibt in gedrängter Form einen Überblick über die gewaltige Umwälzung, die die deutsche Volkswirtschaft im letzten Jahrhundert durchgemacht hat.

——— Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert von Professor Dr. Christian Gruber. Mit 4 Karten.

Beabsichtigt, ein gründliches Verständnis für den sieghaften Aufschwung unseres wirtschaftlichen Lebens seit der Wiederaufrichtung des Reichs herbeizuführen.

Zoologie s. Ameisen; Tierleben.

Digitized by Google

Aus Natur und Geisteswelt.

Jedes Bändchen geheftet 1 Mk., geschmackvoll gebunden 1 Mk. 25 Pfg.

Übersicht nach den Autoren.

Abel, Chemie in Küche und Haus.
Alkoholismus, Der, seine Wirkungen und seine Bekämpfung. 2 Bände.
Auerbach, Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre.
Biernacki, Die moderne Heilwissenschaft.
Bloch, Die ständischen u. sozialen Kämpfe.
Blochmann, Luft, Wasser, Licht u. Wärme.
Böhmer-Romundt, Jesuiten.
Bonhoff, Jesus und seine Zeitgenossen.
Borinski, Das Theater.
Börnstein und Marckwaldt, Sichtbare und unsichtbare Strahlen.
Braasch, Religiöse Strömungen.
Bruinier, Deutsches Volkslied.
Buchner, 8 Vorträge a. d. Gesundheitslehre.
Burgerstein, Schulhygiene.
Bürkner, Kunstpflege in Haus u. Heimat.
Busse, Weltanschauung. d. gr. Philosoph.
Eckstein, D. Kampf zwisch. Mensch u. Tier.
Franz, Der Mond.
Frech, Aus der Vorzeit der Erde.
Frentzel, Ernähr. u. Volksnahrungsmittel.
Geffcken, A. d. Werdezeit d. Christentums.
Giesebrecht, Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte.
Gtesenhagen, Unsere wichtigsten Kulturpflanzen.
Graetz, Licht und Farben.
Graul, Die ostasiatische Kunst.
Gruber, Deutsches Wirtschaftsleben.
Günther, Das Zeitalter der Entdeckungen.
Haacke, Bau und Leben des Tieres.
Hahn, Die Eisenbahnen.
v. Hansemann, D. Aberglaube i. d. Medizin.
Hassert, Die Polarforschung.
Haushofer, Bevölkerungslehre.
Heil, D. Städte u. Bürger im Mittelalter.
Heilborn, Deutsche Kolonien.
Heilborn, Der Mensch.
Hesse, Abstammungslehre u. Darwinismus.
Hubrich, Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen.
Janson, Meeresforschung u. Meeresleben.
Kautzsch, Deutsche Illustration.
Kirchhoff, Mensch und Erde.
Knabe, Geschichte d. deutsch. Schulwesens.
Knauer, Die Ameisen.
Kraepelin, Die Beziehungen der Tiere zueinander.
Krebs, Haydn, Mozart, Beethoven.
Kreibig, Die fünf Sinne des Menschen.
Külpe, Die Philosophie der Gegenwart.
Launhardt, Am sausend. Webstuhl d. Zeit.
Loening, Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches.
Lotz, Verkehrsentwickelung in Deutschland. 1800—1900.
Luschin von Ebengreuth, Die Münze.
Maennel, Vom Hilfsschulwesen.
Maier, Soziale Bewegungen u. Theorien
von Maltzahn, Der Seekrieg.
Manes, Grundzüge d. Versicherungswes.
Martin, Die höh. Mädchenschule in Dtschld.
Matthaei, Deutsche Baukunst i. Mittelalt.
Merckel, Bilder aus der Ingenieurtechnik.
Merckel, Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit.
Mie, Moleküle — Atome — Weltäther.
von Negelein, Germ. Mythologie.
Otto, Das deutsche Handwerk.
Otto, Deutsches Frauenleben.
Paulsen, Das deutsche Bildungswesen.
Pohle, Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert.
von Portugall, Friedrich Fröbel.
Rathgen, Die Japaner.
Rehmke, Die Seele des Menschen.
Richert, Schopenhauer.
von Rohr, Optische Instrumente.
Sachs, Bau u. Tätigkeit d. mensch. Körpers.
Scheffer, Das Mikroskop.
Scheid, Die Metalle.
Scheiner, Der Bau des Weltalls.
Schirmacher, Die mod. Frauenbewegung.
Schumburg, Die Tuberkulose.
Schwemer, Restauration und Revolution.
Schwemer, Die Reaktion u. die neue Ära.
Schwemer, Vom Bund zum Reich.
von Soden, Palästina.
von Sothen, D. Kriegswesen i. 19. Jahrh.
Stein, Die Anfänge der mensch. Kultur.
Steinhausen, Germ. Kultur in der Urzeit.
Teichmann, Der Befruchtungsvorgang.
Tews, Schulkämpfe der Gegenwart.
Uhl, Entsteh. u. Entwickl. uns. Muttersprache.
Unold, Aufgab. u. Ziele d. Menschenlebens.
Vater, Theorie und Bau der neueren Wärmekraftmaschinen.
Vater, Die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen.
Vater, Dampf und Dampfmaschine.
Voges, Der Obstbau.
Volbehr, Bau u. Leben d. bildenden Kunst.
Wahrmund, Ehe und Eherecht.
Weber, 1848.
Weber, Wind und Wetter.
Wedding, Eisenhüttenwesen.
Weinel, Die Gleichnisse Jesu.
Weise, Schrift- u. Buchwes. i. alt. u. n. Zeit.
Weise, Die d. Volksstämme u. Landschaft.
Wislicenus, Der Kalender.
Witkowsky, Das d. Drama d. XIX. Jahrh.
Wustmann, Albrecht Dürer.
Zander, Vom Nervensystem.
Zander, Die Leibesübungen.
Ziegler, Allgemeine Pädagogik.
Ziegler, Schiller.
v. Zwiedineck-Südenhorst, Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung.

Auf Wunsch ausführlichen illustrierten Katalog umsonst und postfrei.

Digitized by Google

Aus deutscher Wissenschaft u. Kunst.

Die Sammlung soll dazu dienen, alle, die bestrebt sind, ihre Bildung zu erweitern, in die Lektüre wissenschaftlicher Werke einzuführen. Aus geisteswissenschaftlichen, naturwissenschaftlichen, religiösen und philosophischen Werken wird eine Auslese getroffen, die geeignet ist, in die wichtigsten Fragen auf den einzelnen Gebieten einzuführen, den Weg zu den Quellen zu weisen und zugleich die Kunstformen der Darstellung in Musterbeispielen zu zeigen. Die Erläuterungen räumen, unter Beiseitelassen unnötiger Gelehrsamkeit und auf das knappste Maß beschränkt, nur solche Schwierigkeiten aus dem Wege, die eine unbefangene und rasche Aufnahme der Lektüre verhindern. Zunächst erschienen folgende Bändchen:

Zur Geschichte der deutschen Literatur. Proben literar-historischer Darstellung für Schule und Haus ausgewählt und erläutert von Dr. R. Wessely. geb. Mk. 1.20.

Inhalt: Vogt, Der Heliand. Uhland, Walther von der Vogelweide. v. Treitschke, Die neue Literatur. Gervinus, Lessing. Hettner, Herder. Bielschowsky, Goethe und Schiller. Bellermann, Schillers Don Carlos. Brahm, Kleists Hermannsschlacht. Scherer, Grillparzer. Mayne, Mörike als Lyriker. Schmidt, Gustav Freytag.

Zur Kunst. Ausgewählte Stücke moderner Prosa zur Kunstbetrachtung und zum Kunstgenuß herausgegeben von Dr. M. Spanier. Mit Einleitung, Anmerkungen und Bilderanhang. geb. Mk. 1.20.

Inhalt: Avenarius, Kunstgenuß und helfendes Wort. Avenarius, Rethel: Der Tod als Freund. v. Seidlitz, Deutsche Kunst. Springer, Albrecht Dürers Phantasiekunst: Ritter, Tod und Teufel. Hirth, Malerische Auffassungen und Techniken des Mittelalters und der Renaissance. Hirth, Das Natürliche in der Kunst. Lichtwark, Rembrandt: Der blinde Tobias. Lichtwark, Rembrandts Haus. Furtwängler, Medusa. Urlichs, Die Laokoongruppe. Bürtner, Gotische Schmuckformen. Borrmann, Andreas Schlüter. Bayersdorfer, Zur Charakteristik Michelangelos. Bayersdorfer, Über Kunst. (Aphorismen.) Wölfflin, Die Teppichkartons Raffaels: Der wunderbare Fischzug. Justi, Velazquez: Die Übergabe von Breda. Schultze-Naumburg, Vom Bauernhaus. Gurlitt, Sachlicher Stil im Gewerbe. Gurlitt, Was will die Hellmalerei? Brinckmann, Meißener Porzellan. Floerke, Etwas über Böcklin. Thoma, Ansprache an die Freunde bei Gelegenheit seines 60. Geburtstages.

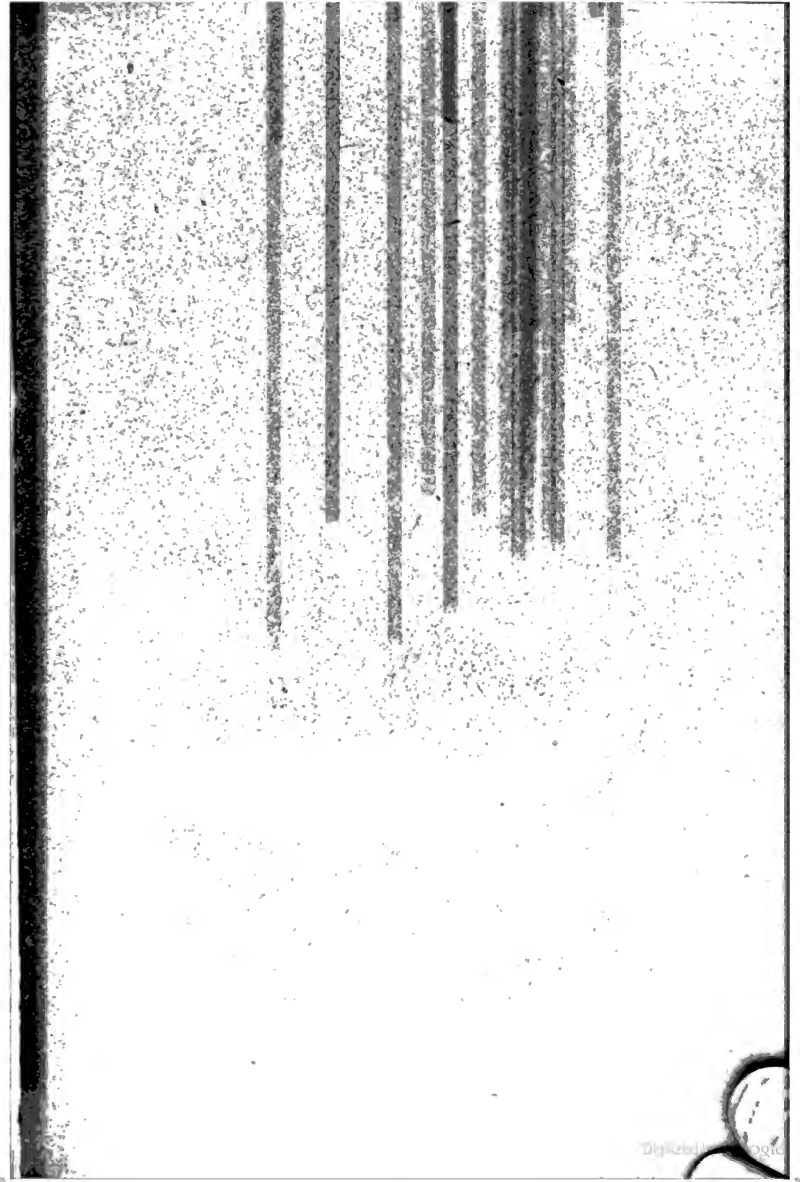
Zur Geschichte. Proben von Darstellungen aus der deutschen Geschichte für Schule und Haus ausgewählt und erläutert von Dr. W. Scheel. geb. Mk. 1.20.

Inhalt: Mommsen, Kelten und Germanen vor Cäsar. Brunner, Kriegswesen und Gefolgschaft. Freytag, Karl der Große. v. Giesebrecht, Gründung des Deutschen Reichs durch Heinrich I. v. Kugler, Der Kreuzzug Kaiser Friedrichs I. v. Below, Die Stadtverwaltung in ihrer Beziehung zu Handel und Gewerbe. Schäfer, Die Hanse. Lamprecht, Entwicklung der ritterlichen Gesellschaft. v. Treitschke, Luther und die deutsche Nation. v. Ranke, Die Epoche der Reformation und der Religionskriege. Schiller, Die Schlacht bei Lützen. Droysen, Fehrbellin. Friederich, Blücher und Gneisenau. v. Moltke, Schlacht bei Vionville — Mars la Tour. (16. August.) Marcks, Kaiser Wilhelm I. Anhänge.

Zur Erdkunde. Proben erdkundlicher Darstellung für Schule und Haus ausgewählt und erläutert von Dr. F. Lampe. geb. Mk. 1.20.

Inhalt: v. Humboldt, Über die Wasserfälle des Orinoko bei Atures und Maypures. Ritter, Aus der Einleitung zur „Erdkunde im Verhältnis zur Natur und zur Geschichte des Menschen oder allgemeine vergleichende Geographie". Peschel, Der Zeitraum der großen Entdeckungen. Barth, Reise in Adamaua, Entdeckung des Benué. v. Richthofen, Aus China. v. Drygalski, Die deutsche Südpolarexpedition. Kirchhoff, Das Meer im Leben der Völker. Ratzel, Deutschlands Lage und Raum. Partsch, Das niederrheinische Gebirge, seine Täler und seine Tieflandbucht. v. d. Steinen, Jägertum, Feldbau und Steinzeitkultur der Indianer am Schingu. Geschichtlich-biographische Anmerkungen. Erklärung geologischer Fachausdrücke.

Digitized by Google



...Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen.

BIOLOGY LIBRARY G

BERKELEY LIBRARIES
026120568

Küster
167442

BIOLOGY LIBRARY G

UNIVERSITY ... Y

Digitized by Google